

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

AROMATICKÝ PROFIL SÝROVÝCH ANALOGŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

HANA STUDÝNKOVÁ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## AROMATICKÝ PROFIL SÝROVÝCH ANALOGŮ

AROMA PROFILE OF CHEESE ANALOGUES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

HANA STUDÝNKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. EVA VÍTOVÁ, Ph.D.

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	<b>FCH-BAK0477/2009</b>	Akademický rok: <b>2009/2010</b>
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	<b>Hana Studýnková</b>	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor:	Potravinářská chemie (2901R021)	
Vedoucí práce	<b>Ing. Eva Vítová, Ph.D.</b>	
Konzultanti:		

### Název bakalářské práce:

Aromatický profil sýrových analogů

### Zadání bakalářské práce:

1. Zpracujte literární přehled dané problematiky:
  - složení a vlastnosti sýrových analogů
  - technologie výroby
2. Pomocí metody SPME-GC identifikujte a kvantifikujte aromatické látky ve vzorcích sýrových analogů
3. Získané výsledky srovnajte s aromatickým profilem klasických sýrů

### Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2010

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Hana Studýnková  
Student(ka)

-----  
Ing. Eva Vítová, Ph.D.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2009

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo obecně charakterizovat, co jsou sýrové analogy a identifikovat obsah chuťově a aromatických aktivních látek ve vybraných vzorcích sýrových analogů. Sýry byly vyrobeny na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

V úvodní části je vysvětleno, co jsou obecně tavené sýry a sýrové analogy včetně jejich výroby. Dále je popsán význam, využití a vlastnosti sýrových analogů. Je zde zmíněna i mikrostruktura a změny během skladování. Zvláštní význam je věnován jejich fyzikálně chemickým a organoleptickým vlastnostem.

V experimentální části byly identifikovány a kvantifikovány aromaticky aktivní látky ve 3 typech analogů tavených sýrů s obsahem různých rostlinných tuků. Aromatické látky sýrů byly izolovány pomocí metody SPME, neboli mikroextrakce tuhou fází a stanoveny plynovou chromatografií.

Bylo zjištěno 5 skupin různých aromatických látek v rozdílných množstvích: alkoholy, ketony, aldehydy, mastné kyseliny a estery. Nakonec byly porovnány výsledky stanovení analogů tavených sýrů a jejich tuků.

## ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis was to generally characterize cheese analogues and to identify the content of flavor and aroma active ingredients in chosen samples of analogues. Cheeses were manufactured at the Tomas Bata University in Zlín.

The introductory section explains what generally processed cheeses and cheese analogues are, including their production. The importance, use and properties of cheese analogues are also described. The microstructure and changes during storage are also mentioned. Particular importance is devoted to their physicochemical and organoleptic characteristics.

In the experimental section aroma active compounds of 3 types of processed cheese analogues containing various vegetable fats were identified and quantified. Cheese flavoring compounds were isolated by SPME method (solid phase microextraction) and assessed by gas chromatography.

5 groups of various aromatic compounds in different amounts: alcohols, ketones, aldehydes, fatty acids and esters were found. Finally, the cheese analogues and fats used were compared.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Sýrové analogy, SPME, GC

## KEYWORDS

Cheese analogues, SPME, GC

STUDÝNKOVÁ, H. *Aromatický profil sýrových analogů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. 2010. 69 s. Bakalářská práce. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem všechny použité literární zdroje správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

### ***Poděkování:***

*Děkuji především Ing. Evě Vítové za cenné rady a připomínky. Také děkuji všem, kteří mě při psaní bakalářské práce jakkoli podporovali.*

# OBSAH

1 ÚVOD .....	7
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	8
2.1 Charakteristika tavených sýrů .....	8
2.2 Rozvoj sýrašství.....	8
2.3 Výroba tavených sýrů.....	10
2.3.1 Obecný charakter výroby .....	10
2.3.2 Suroviny .....	10
2.3.3 Příprava surovin .....	11
2.3.4 Proces tavení .....	11
2.3.5 Dokončovací operace .....	12
2.4 Charakteristika sýrových analogů .....	12
2.5 Význam sýrových analogů .....	13
2.6 Značení sýrových analogů.....	13
2.7 Výroba sýrových analogů.....	15
2.7.1 Přísady pro výrobu sýrových analogů .....	15
2.7.2 Technologie a výroba .....	16
2.8 Chemické složení sýrových analogů .....	17
2.9 Vlastnosti sýrových analogů .....	18
2.10 Mikrostruktura.....	19
2.11 Změny během skladování.....	21
2.12 Obsah chuťově a aromaticky aktivních látek .....	22
2.12.1 Neutrální sloučeniny .....	23
2.12.2 Alkalické složky .....	25
2.12.3 Kyselé látky .....	26
2.13 Metoda stanovení aromatických látek .....	27
2.13.1 SPME .....	27
2.10.2 Plynová chromatografie .....	28
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	30
3.1. Laboratorní vybavení a chemikálie .....	30
3.1.1 Plyny.....	30
3.1.2 Přístroje .....	30
3.1.3 Pracovní pomůcky .....	30
3.1.4 Chemikálie- standardy.....	30
3.2 Analyzované vzorky .....	31
3.2.1 Příprava vzorků pro analýzu aromatických látek .....	32
3.3 Metoda SPME/GC.....	32
3.3.1 Podmínky SPME/GC analýzy .....	32
3.4 Vyhodnocení výsledků SPME/GC analýzy .....	32
3.4.1 Koncentrace.....	32
3.4.2 Aritmetický průměr .....	33
3.4.3 Směrodatná odchylka .....	33
4 VÝSLEDKY A DISKUZE .....	34
4.1 Stanovení aromatických látek pomocí SPME/GC .....	34
4.2 Standardy aromatických látek .....	34
4.3 Identifikace a kvantifikace aromaticky aktivních látek ve vzorcích sýrových analogů. 35	

4.4. Identifikace a kvantifikace aromaticky aktivních látek ve vzorcích rostlinných tuků..	37
4.5. Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek jednotlivých analogů.....	37
4.6 Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek jednotlivých tuků .....	44
4.7 Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek tuk – sýrový analog.....	50
4.8 Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek sýrový analog - klasický sýr .....	53
5 ZÁVĚR.....	56
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	58
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	62
8 SEZNAM PŘÍLOH .....	63

# 1 ÚVOD

Tato práce je založena na problematice rozdílnosti aromatických vlastností sýrových analogů, neboli náhražek, a normálních sýrů. Prací chci ukázat, do jaké míry se liší tyto druhy sýrů svým složením, vlastnostmi a obsahem chuťových a aromaticky aktivních látek od normálních sýrů.

Já sama považuji toto téma za velmi aktuální, protože v dnešní době se s analogy setkáváme stále častěji, a to nejen co se sýrů týče, a lidé si mnohdy neuvědomují, že se jedná o napodobeniny. Můžeme se s nimi setkat jak v restauracích, tak v pekařských výrobcích nebo si je můžeme koupit přímo v podobě sýru.

K problematice jsem prostudovala odbornou literaturu, z které vybírám nejaktuálnější poznatky.

V teoretické části své práce se snažím objasnit, co to sýrové analogy jsou, jejich složení, vlastnosti, obsah chuťově a aromaticky aktivních látek. Dále se snažím objasnit technologie výrob, vznik chuťově a aromaticky aktivních látek. Nejvíce se zajímám o metodu SPME-GC.

V praktické části jsem pomocí SPME-GC proměřila několik vzorků analogů s přídavkem různých druhů rostlinných tuků a několik vzorků tuků obsažených v proměřených analozích sýrů a provedla jsem identifikace a kvantifikace obsažených látek a srovnala aroma profily.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Charakteristika tavených sýrů

Sýr je bílkovinný koncentrát z mléka, který se vyrábí okyselením nebo enzymovým srážením za spolupůsobení mikroorganismů. Sýr vzniká odstraněním vody ze sraženiny a podléhá účinkem přítomné mikroflóry chemickým a fyzikálním změnám. Oba vlivy působí na chuťové změny a na podstatně prodlouženou trvanlivost v porovnání s čerstvým mlékem [1]. Cílem při výrobě je oddělení přebytku syrovátky a získání dostatečně odvodněné hmoty, která se po formování, případném lisování, solení a často několikaměsíčním zrání stává produktem s charakteristickou vůní a chutí, typickou konzistencí a vysokou výživovou hodnotou [2].

Tavený sýr je výrobek, který se získává ze sýru za použití tepla, tavicích solí, případně jiných mléčných výrobků nebo přídatných látek [1]. Tavený sýr je podle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb. definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí [3].

Tavené sýry jsou nejmladší skupinou sýrů. Začaly se plánovitě vyrábět s cílem získat trvanlivý sýr schopný skladování a transportu, který si zachová neměnnou konzistenci [4].

První tavené sýry se od těch současných v mnohém lišily. Neexistovaly žádné příchutě a sýry byly tuhé. Daly se krájet, nikoliv roztírat. Proces tavení byl zásadně vylepšen na konci 20. let dvacátého století, kdy bylo (díky použití polyfosfátů) dosaženo krémové konzistence. Tavené sýry, díky svým vlastnostem, rozšiřují nejen sortiment, ale zlepšují i hygienickou úroveň výroby a prodeje [5].

### 2.2 Rozvoj sýrařství

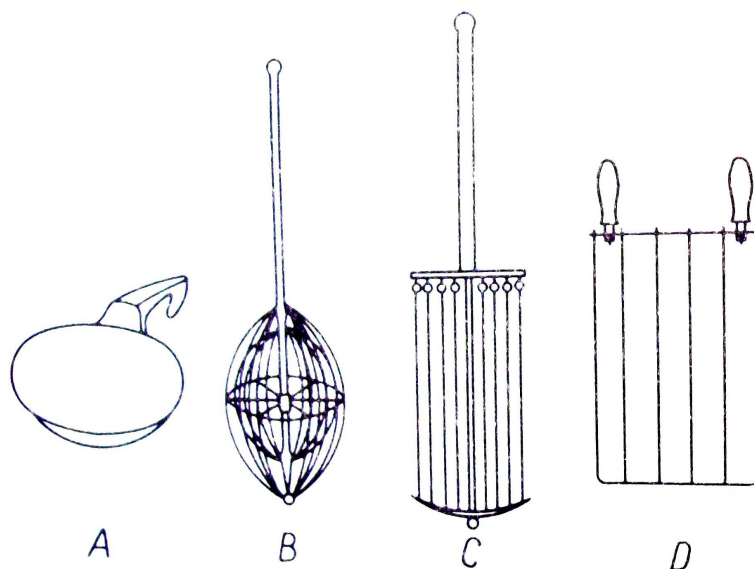
Sýr hraje důležitou roli v naší stravě již tisíce let. Obecně se předpokládá, že první sýry vznikly náhodně v době domestikace zvířat, tedy asi před dvanácti tisíci lety, kdy lidé začali mít, díky chovu dobytka, dostatek mléka, které museli skladovat. Nejčastěji se tehdy skladovalo mléko v kožených vacích, hliněných, nebo dřevěných nádobách. Vzhledem k nevyhovujícím podmínkám v nich mléko rychle kyslo a sráželo se. Náhodou tak vznikly počátky sýrů, které však zatím nebyly ničím jiným než sraženinou v syrovátce.

Tato technologie se za tisíciletí zmodernizovala, ale princip se používá dodnes [6]. Později se začala používat syřidla, díky nimž se začalo srážet mléko bez kysnutí, což vedlo ke změně chuti. Sýry přestaly být kyselé a chuť byla jemná.

Historie ukazuje, že za dob Římanů, kdy se začaly používat různé formovací a lisovací techniky, byl proces výroby sýrů v podstatě stejný jako dnes. Římané znali přinejmenším 12 druhů sýru a již věděli, jak sýr správně upravit (např. solit) [7]. Výroba sýrů byla následně rozšířena pomocí římských legionářů i dále do Evropy. Některé nástroje, na ruční zpracování sýrů jsou znázorněny na obrázku č. 1.

Během středověku se výroba sýrů šířila zejména pomocí církevních institucí. Sýry se vyráběly především v klášterech, protože představovaly postní jídlo během dnů [7], kdy bylo zakázáno jíst maso. Řada klášterů dodnes vyrábí vyhlášené sýry podle osvědčených receptur [5].

Sýr se stal tradiční potravinou, která umožňovala uchovat rychle kysnoucí mléko a zejména bílkoviny [6].



**Obr. 1:** Některé nástroje na ruční zpracování sýroviny [2]  
*A - sýrařská lžice, B - míchadlo, C - harfa, D - jiný typ harfy*

K velkému skoku ve vývoji sýrů došlo až v 19. století, kdy Justus von Liebig začal zkoumat syření sýrů a Louis Pasteur přišel na to, jak usmrtit škodlivé bakterie a díky němu se mléko před zpracováním ohřívá [7].

V dnešní době se na celém světě vyrábějí stovky typů sýrů. K těm nejmladším patří tavené sýry. Nevznikly náhodným objevem jako klasické sýry, ale byly plánovitě vyvíjeny s cílem získat trvanlivý sýr schopný skladování a transportu. První zmínky o tavených sýrech pocházejí z konce 19. století [5]. Pokusů vyrobit trvanlivý sýr bylo mnoho, ale teprve v roce 1911 byl ve švýcarském Thunu poprvé úspěšně vyroben tavený sýr dobré jakosti, který dál nezrál [8].

Na začátku 20. století měla Evropa nadprodukcí sýrů a potřebovala je vyvážet na nové trhy, zejména do Ameriky. Protože ale nebyl dostatek chladírenských lodí, sýry dorazily do zámoří přezrálé, znehodnocené. Začala se proto hledat cesta, jak zrání sýrů zastavit a umožnit tak jejich dlouhodobý transport. Neosvědčily se například pokusy, při kterých byl sýr přepravován v uzavřených plechových krabíčkách. Řešením se ukázal být až trvanlivý tavený sýr [5].

Za první republiky byly české mlékárny jedny z prvních, které si osvojily novou technologii tavírenství [6]. Do rozemletého ementálu byl přidán citran sodný, který posloužil jako tavicí sůl. Poté byla celá směs zahřívána. Díky použití tavicí soli byla emulze rovnoměrná a po ztuhnutí se mohl sýr zabalit. Zpočátku sloužil jako obal pergamen nebo plechové krabičky, kdy byla celá kulatá krabička vyplněna hmotou. Balení do nám známých trojúhelníků nebo čtverečků začalo až po první světové válce [5].

V Československu začala výroba prvních tavených sýrů v roce 1923 a dodnes patří mezi velmi oblíbené potraviny. Firma Bloch ve Vodňanech vyrobila první krabičkové sýry. Po ní následovala řada dalších firem. Velkým zlomem v historii bylo v roce 1929 první použití polyfosfátů, které umožnilo krémování. Do té doby byly sýry tuhé, daly se krájet, ale ne roztírat [8]. Zatímco ve spotřebě běžných zrajících sýrů se Češi řadí k průměru v Evropské unii, ve spotřebě tavených sýrů s více než dvěma kilogramy na hlavu patří mezi světovou špičku [5].

Nejsou žádné konkrétní údaje platné pro výrobu sýrových analogů, ale v roce 1985 bylo odhadem uvedeno na trh v USA, Švédsku a Velké Británii 6%, 3% a 1% v tomto pořadí [9].

V dnešní době se do tavených sýrů zpracovávají i prvotřídní sýry. Jde o dnes moderní potravinu s dlouhou trvanlivostí, vysokou nutriční hodnotou (mléčné bílkoviny) a vysokým obsahem vápníku. Má uplatnění ve studené i teplé kuchyni a sortiment je tak široký, že by měl uspokojit každou chuť [6].

## **2.3 Výroba tavených sýrů**

### **2.3.1 Obecný charakter výroby**

Při výrobě sýrů se kladou vysoké požadavky na jakost mléka, určeného na výrobu sýrů. Mléko se musí dobře srážet a musí pocházet od zdravých, dobře živěných dojníc. Mléko s nevhodným složením má snížený obsah kaseinů, kyseliny fosforečné a vápníku, v důsledku čehož je syření ztížené. Při odběru mléka rozhodují o jeho jakosti, jako sýrařské suroviny, výsledky různých testů. Mléko nemá mít zvýšenou kyselost, ani vysoký počet mikroorganismů.

Jde o proces, při kterém se přírodní sýry rozdrť a rozemelou, smíchají se s dalšími přísadami a za stálého míchání se zahřejí na teplotu až 120 °C. Zahřátí je tak vysoké, že má charakter pasterace, případně sterilace. Aby se docílilo homogenní sýrové hmoty, přidávají se tavicí soli, především fosfát sodný. Roztavená pastovitá hmota se obvykle za horka balí a ochlazením se nechá ztuhnout [4]. V současnosti se ve světě na tavené sýry zpracovává 10–12 % přírodních sýrů [5].

Charakteristickým znakem je možnost lehké změny tvaru, obalu a celkového vybavení, čímž se zlepšuje prodejnost sýrů. Velkou předností výroby tavených sýrů je možnost přidávat k tavení různé druhy sýrů anebo jiné mléčné výrobky, různá masa, ryby, ovoce, plody, zeleninové a ovocné šťávy, vína, zeleninu a různé příchutě k dosažení nové, často velmi oblíbené chuťové varianty a kombinace [1].

Během výroby tavených sýrů je přidáváno určité množství vody k vytvoření hladké a stabilní emulze [10].

Sýr je praktický, protože má stále stejnou strukturu a na trh přichází se standardizovanou vůní a chutí. Kromě toho je mimořádně trvanlivý [4].

Vlastní produkci tavených sýrů lze shrnout do následujících fází [11, 1]:

- příprava směsi k tavení
- určení směsi tavicích solí
- proces tavení připravené směsi
- balení
- chlazení
- skladování a expedice

### **2.3.2 Suroviny**

Tavené sýry mohou být vyrobeny z jednoho druhu přírodního sýru (např. tavený ementál) nebo jako směs tvrdých a měkkých sýrů (případně i tvarohu) [4]. Na tavení jsou vhodné ty sýry, které se odborně vyrobily a nevykazují žádné chyby chuti a zrání.

Jako technické pomocné látky se používají tavicí soli. Jsou to odolné soli kyseliny mléčné, citrónové, orto-, pyro- a polyfosforečné. Jsou přípustné v množství do 4 % [1], pokud se použijí ve směsích. Do 3 % [1] se připouští fosfáty bez příměsi ostatních tavicích solí.

Tavicí soli působí na bílkoviny, dělají je emulgovatelnými a zabraňují tak oddělení vody, tuku a bílkovin po ochlazení. Sůl (emulgátor), která se použije na tavení, má mít jednomocný kation a vícemocný anion, čemuž odpovídá citran a hydrogenfosforečnan sodný.

Při výrobě je možné využít obohacení rostlinnou nebo živočišnou bílkovinou, hlavně zpracování netradičních, ale po výživové stránce důležitých složek mléka, jako je sušená anebo zahuštěná syrovátka, sušené mléko, tvarohy, ale i vejce, droždí a podobně [1].

### 2.3.3 Příprava surovin

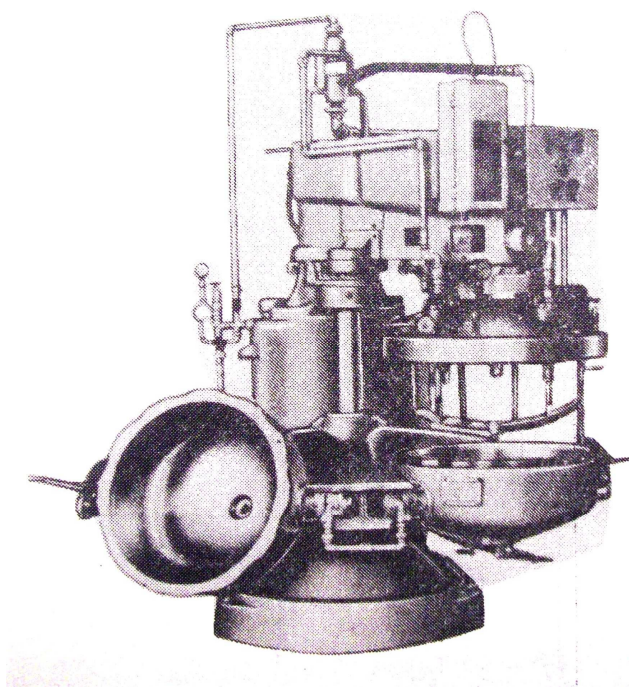
Sýr se zbaví povlaku (kůrky, vosku, mazu). Vykrojí se plesnivá místa, poté se pořeže v řezačce, jemně rozemele a dobře promíchá. Řezání a mletí surovin je velmi důležitým úsekem, který má zabezpečit dokonalé rozmělnění základní suroviny, jejíž tuhost a roztíratelnost je velmi rozdílná. Na hrubé mletí se téměř všude používají rychlo-řezače s křídlovými noži. Takto rozdrcená a rozrušená surovina padá přímo mezi kovové a žulové válce, které ji dokonale rozmělní.

Mícháním přírodních sýrů různého stupně zralosti se získávají nejlepší směsi, protože tavicí vlastnosti závisí na stupni zralosti surovin. Aby měly výroby tavených sýrů stále k dispozici přírodní sýry s různým stupněm zralosti, disponují zracími prostory, do kterých se uskladňují polozralé sýry.

Sýrová kaše připravená s tavicí solí, anebo bez ní, se musí ihned dále zpracovat, jelikož se delším stáním tavicí vlastnosti podstatně horší [1].

### 2.3.4 Proces tavení

Tavení je nejdůležitější fáze výrobního postupu, při kterém má důležitou roli výška dosažené teploty, časový průběh ohřevu, způsob a rychlost míchání. Tavicí soli se přidávají do varného kotle, naplněného sýrovou kaší. Příklad tavicí soustavy je znázorněn na obrázku č. 2.



**Obr. 2:** Dříve používaná dvojkotlová tavicí soustava na tavení sýrů za zvýšeného nebo redukovaného tlaku [2]

Sýrová hmota se ohřívá přímo parou a zahřívacím pláštěm. Teploty tavení se pohybují okolo 90°C při plátech, nebo až 130 °C pro roztíratelné výrobky. Když se po několika minutách hmota stane homogenní, nadbytečná voda se podtlakem odstraní. Čím kratší dobu působí teplo, tím lepší se zachová světlá barva a původní aroma.

Hmota se dopraví do tavicího oddělení. Odtud se dostává do sterilizátoru, kde se současně se zrušením tlaku odpaří voda [1].

### **2.3.5 Dokončovací operace**

K dokončovacími operacemi patří už homogenizace a hlavně chlazení. Homogenizací se dále zpevní struktura. Homogenizovaná hmota se postupně ochladí a kapalná dávákuje. Jednotlivé dávky tavených sýrů se vkládají přímo do obalů, které dodávají labilním malým balením potřebnou pevnost. Zpevnění, resp. další ochlazení na 30 °C probíhá v chladícím tunelu.

Nejvhodnějším obalovým materiálem je zatím převážně pevná, vláčná a oboustranně impregnovaná hliníková fólie [1].

## **2.4 Charakteristika sýrových analogů**

Novodobým trendem v mlékárenství se stala výroba analogů mlékárenských výrobků, neboli substituentů, náhražek, imitací. Nahradí-li se i jen část mléčné složky rostlinnou, nesmí se takový výrobek nazývat sýrem, jedná se o náhražku [12].

Analogy sýru jsou obvykle definovány jako produkty vyrobené smícháním jednotlivých složek, včetně nemléčného tuku nebo bílkoviny, k výrobě produktu splňujícího specifické požadavky sýru. Jsou čím dál více používány díky jejich nižším nákladům [13].

Rozvoj analogů sýru zahrnuje použití tuku a / nebo bílkoviny z jiných zdrojů, než jsou přirozeně v mléce. Příkladem těchto zdrojů jsou kaseiny nebo kaseináty, syrovátkové bílkoviny, mléčný tuk a rostlinné oleje / tuky, emulsifikované soli, stabilizátory, konzervační látky a chuťové sloučeniny. Sladký kasein má přednost před jinými zdroji bílkovin, neboť poskytuje lepší chuť [14]. Spolu s chutí napodobují co nejvíce přírodní produkt. Je rovněž nutné vyvinout vhodný režim zpracování vhodných kombinací těchto prvků, aby poskytovaly požadované texturní a funkční vlastnosti. Vzhledem k nedostatku podrobných statistických údajů není možné uvést, jaký je celkový význam analogů sýru na světovém trhu v porovnání s mléčnými [13].

Od roku 1980 se stravovací návyky spotřebitelů v Severní Americe a Evropě změnily. Jsou převážně ovlivněny zdravotními obavami, které vedly k omezení množství tuku, cukru, cholesterolu, soli a určitých přísad v jídelníčku. Výrobní jídla odpovídají na požadavky zákazníků a proto je zde rychlý růst produktů se zdravým dojmem [9].

Problém sýrových náhražek, tedy výrobků tvářících se jako sýr, v nichž však je část nebo dokonce veškerý živočišný tuk nahrazen rostlinným, se vynořil před více než třemi roky. Pracovníkům SOS (Sdružení obrany spotřebitelů) se nezdála chuť a konzistence smaženého sýru v jedné restauraci. Při zkoumání složení nabízeného pokrmu zjistili, že v trojbalu jim přinesli právě náhražku.

V 50. letech minulého století byly náhražky vnímány jako méněcenná alternativa cenné potravin. V dnešní době však analogy získaly zcela jiné postavení. Z různých výživově-zdravotních důvodů se někdy naopak staly vyhledávanými [15]. Mastné náhrady, jako například modifikované škroby a mikročástice syrovátkových proteinů, jsou používány

ke stimulaci funkčních a organoleptických vlastností tuku s podstatným omezením kalorické hodnoty [9].

## 2.5 Význam sýrových analogů

Hlavní význam výroby tavených sýrů je v tom, že technologie umožňuje dobře využít i sýry, které jsou sice chuťově bezchybné, ale po vzhledové stránce nevyhovují typu. Další výhodou je, že vlivem tepelného ošetření se získá výrobek se zvýšenou trvanlivostí, dále je možné vhodným mícháním sýrů dosáhnout různou konzistencí a chuťové obměny výsledného výrobku [1].

Nový trend výroby analogů tavených sýrů byl vyvolán snahou nabídnout maloobchodu výrobek za výhodnější cenu, a tedy snahou některých výrobců o náhradu původní mléčné suroviny levnější ingrediencí nebo alespoň některé části ze základní suroviny, především mléčného tuku za tuk rostlinný [13, 16]. Samozřejmě požadavek na snížení ceny jde většinou z druhé strany, tedy z maloobchodu, který často tlačí dodavatele až pod úroveň skutečných výrobních nákladů. Náklady na výrobu sýrových analogů mohou být výrazně nižší, než u jejich přirozených protějšků. Stejně jako úspory ve výrobním procesu, suroviny jsou podstatně levnější než mléko [13]. Na druhé straně to může být i úmysl některého z výrobců přijít na trh s cenově výhodným výrobkem, a tak „uspět“ nad svým konkurentem na trhu [12].

Kromě toho je zde rostoucí zájem mezi spotřebiteli o potravinářské výrobky, které obsahují méně tuku, nasycených tuků, cholesterolu a kalorií. Takové produkty jsou užitečné při kontrole tělesné hmotnosti a snížení rizika srdečních chorob.

Analogy sýru získaly význam v různých oblastech, a to především kvůli enormnímu zvýšení spotřeby pizzy. Díky skutečnosti, že sýr patří mezi nejnákladnější části pizzy, se pozornost soustředí na rozvoj náhražky sýru.

Nedostatek produkce mléka v některých částech světa vedl ke zvýšení zájmu o využívání syntetických složek z rostlinných zdrojů ve výrobě některých mléčných analogů. V rozvojových zemích, kde jsou mléčné výrobky drahé a nedostatkové zboží, poskytují mléčné náhražky připravené z luštěnin vhodné výživné alternativy.

Sieber [17] došel k závěru, že odstranění cholesterolu z potravin není odůvodněné. Cholesterol hraje různé role v lidském organismu: je důležitý pro trávení tuků, pro strukturu a fungování membrán a je prekurzorem různých hormonů. Úroveň cholesterolu v krevním séru je považován za jeden z mnoha dalších rizikových faktorů pro srdce a tepny, ačkoli je jen mírně ovlivněn příjmem. Je známo, že denně si syntetizuje lidský organismus 500-1000 mg cholesterolu sám. Bylo prokázáno, že dietní cholesterol v různých koncentracích má pouze malý vliv na syntézu cholesterolu.

Dalším prospěšným aspektem syntetických sýrových výrobků je skutečnost, že mnohé tyto výrobky mohou být vyráběny s téměř neomezenou životností [13].

## 2.6 Značení sýrových analogů

V dnešní době jsou kladeny stále důkladnější požadavky na označování výrobků takovým způsobem, aby spotřebitelé nevnímali analogy jako podvod. Imitovaný tavený sýr je vyroben ze směsi denních nemlékárenských proteinů a rostlinných olejů a je rozmanitě označován: „analog“, „imitace“, „náhražka“, „umělý“, „lisovaný“, „syntetický“, „plněný“ [9]. Výrobky, které svým složením nebo způsobem výroby neodpovídají předpisu, nesmějí být jako takové označovány. Problémem bývá, že výrobci používají v nabídce např. výraz „sýrový“, i když na pizzu či sendvič nebyl použit sýr z mléka, ale analog.



Pokud jde o analogy sýrů je problém v tom, že se někdy do výrobků používají nejen tyto analogy samotné, ale i v kombinaci se sýry. A pak záleží na názvu výrobku a seznamu složek, zda je výrobek v pořádku. Sýr je nařízením č. 1234/2007 [18] definován jako výrobek z mléka. Pro označení analogu se musí použít nějaký popisný nebo vymyšlený název jiný než „sýr“, např. „směs na pizzu“ (50 % strouhaného sýru a 50 % analogu), Gastroblock (výrobek z rostlinného tuku, sýru, kaseinátu, bramborového škrobu, syrovátkové bílkoviny a aditiv s 55 % t. v s.), Puma Combi (výrobek z mléka, palmového oleje, soli a glukono-delta-laktonu s 40 % t. v s.). Nelze použít např. název „dietní sýr“ [15].

Dnes jsou vyráběny některé náhražky tavených sýrů pod obchodní značkou, která se dříve používala právě pro tavený sýr, např. JAVOR. V deklaracích na obalu je sice správně uvedeno: Tavený výrobek (nebo potravinový výrobek), ale na přední straně obalu, kde je uvedeno obchodní jméno, je napsáno pouze: „Jemný tavený“. Už zde není ale uvedeno tavený „CO“ (viz obr. 3). Výrobce tedy de facto nic neporušil, protože nepoužil slovo sýr a v deklaracích má napsáno „tavený výrobek“, ale takovéto neúplné označení je přinejmenším zavádějící a spotřebitel si ho může vyložit různě. Výrobek je navíc zabalen v obalu běžném pro tavené sýry, mezi nimi je i nabízen v maloobchodě k prodeji [12].



**Obr. 3:** Srovnání označení klasického sýru a sýrového analogu [19]

## 2.7 Výroba sýrových analogů

Výroba analogů tavených sýrů je řízena pečlivým výběrem složek a způsobu výroby. Výrobní technologie je obvykle podobná jako v případě klasických tavených sýrů [13, 20].

Obecně lze výrobu popsat tak, že přírodní sýr je jemně rozptýlen, homogenizován a přeměněn na gel, ve kterém je tuk emulgován [21].

Jak již bylo zmíněno výrobní technologie pro CA (sýrové analogy) je velmi podobná, jako pro pasterované tavené sýrové výrobky. To zahrnuje následující hlavní kroky [20]:

- složení, rozhodování o různých typech a úrovních složek, které budou zahrnuty
- zahřívání při teplotě 80-90°C pomocí přímé párové injekce
- míšení složek zpracováním (tavení a stříhání) směsi
- homogenizaci roztavené směsi
- přidání příchutíových látek, regulátorů pH a oleje
- míchání směsi
- balení za horka
- chlazení a skladování

### 2.7.1 Přísady pro výrobu sýrových analogů

Suroviny používané při výrobě sýrových analogů (CA) a jejich hlavní funkce jsou uvedeny v tabulce 1.

**Tab. 1a) Funkce a příklady přísad používaných při výrobě sýrových analogů [20]**

Typ přísady	Hlavní funkce/ účinek	Příklady
Tuky	dávají požadované složení, strukturu a tavicí charakteristiku; máslový tuk dává příchut' mléka a mléčných výrobků	Máslo, sušený mléčný tuk, přírodní nebo částečně hydrogenovaný sojový olej, kukuřičný olej, olej z palmových jader
Mléčné proteiny	dávají žádoucí složení, polotvrdou strukturu, která se snadno krájí a tekoucí a natahovací charakteristiku při zahřívání; pomáhají při tvorbě fyzikálně-chemicky stabilních produktů.	Kaseiny, kaseináty, syrovátkové proteiny
Rostlinné proteiny	dávají požadované složení, nízké náklady na kaseiny; zřídka používány komerčně díky poškození produktu	Sójový protein, arašídové proteiny, pšeničný lepek
Škroby	substituce kaseinu, snížení nákladů	Přírodní a modifikované formy škrobu z kukuřice, rýže, brambor
Stabilizátory		
Emulgační soli	pomáhají při tvorbě fyzikálně chemických stabilních produktů, ovlivňují strukturní a funkční vlastnosti	Sodné fosfáty a citráty
Hydrokoloidy	zvyšují stabilitu produktu, ovlivňují strukturu a funkční vlastnosti	Karagenany, jedlé gumy např. arabská, xanthanová



**Tab. 1b) Funkce a příklady přísad používaných při výrobě sýrových analogů [20]**

Typ přísady	Hlavní funkce/ účinek	Příklady
Kyselinotvorné látky	pomáhají při kontrole pH konečného výrobku	Organické kyseliny např. mléčná, octová, citrónová, fosforečná
Příchutě a ochucovadla	zvýrazňují chuť	Enzymově modifikované sýry, NaCl, extrakty z kouře, kvasnicové extrakty, glutamát sodný
Sladidla	přidávají sladkost, a to zejména v produktech určených pro malé děti	Sacharóza, dextróza, kukuřičný sirup, hydrolyzované škroby, hydrolyzované laktózy
Barviva	dávají požadovanou barvu	Annatto (červené potravinové barvivo), paprika, umělá barviva
Konzervanty	zpomalují růst plísní, prodlužují trvanlivost	Nisin, sorbát draselný, propionát vápenatý / sodný
Vitamínové a minerální přípravky	Zlepšují nutriční hodnotu	Oxid hořečnatý, oxid zinečnatý, železo, vitamin A, palmitát, riboflavin, thiamin, kyselina listová

## 2.7.2 Technologie a výroba

### 2.7.2.1 Proteiny

Hlavním zdrojem bílkovin v mléčných CA je kasein, obvykle sladký kasein.

Sladký kasein vzniká [20]:

- syřidlovým srážením nízkotučného mléka při normálním pH
- dehydratací gelu, mícháním a tepelným zpracováním
- odstraněním laktosy při mytí tvarohu
- zahušťováním tvarohu, odstředováním a sušením
- mletím a separací ze sušeného kaseinu na prášek různé střední velikosti částic

### 2.7.2.2 Náhrady kaseinu

Dochází k částečnému nahrazení kaseinu za levnější náhražky. Byly vyzkoušeny rostlinné bílkoviny z různých zdrojů (sója, bavlník, arašídý, hrášek), ty však způsobovaly typické texturní vady: nižší elasticitu, lepkavost, roztékavost a horší roztíratelnost. Syrovátkové bílkoviny jsou použity z důvodu negativního dopadu na tekutost. Nepříznivý vliv na tekutost je způsoben teplem indukovanou denaturací a agregací a/ nebo zpevňováním z přidaných syrovátkových bílkovin. V současné době je jako nejúčinnější nízko nákladová náhrada kaseinu často používán škrob [20].

### 2.7.2.3 Emulgační soli

Stejně jako pasterované tavené sýry (PCP), směs obsahuje emulgační soli (fosforečnan sodný a/ nebo citrát sodný). Soli podporují, s pomocí tepla a stříhu, přeměnu nerozpustného syřidla kaseinu na para-kaseinát hydrátu sodného. Para-kaseinát emulguje dispergované kapičky tuku v průběhu zpracování, a tím přispívá k vytvoření stabilní emulze olej-voda. Uvolnění vápníku umožňuje výměnu dvojmocných  $\text{Ca}^{2+}$  para-kaseinu za jednomocné  $\text{Na}^+$  z emulgační soli [20]. Emulgační soli přispívají k rozptýlení proteinů a zvýšení jejich emulgačních vlastností [21].

#### **2.7.2.4 Pořadí přidávání složek do varné nádoby**

Pro výrobu CA platí typický výrobní protokol [20, 13]:

- Současné přidání vody a suché přísady.
- Přidání části tuku.
- Tuk se nejprve roztaví a jeho teplota se zvyšuje na 70,1 °C.
- Tavení při cca 80-90 °C, s použitím přímého vstřikování páry. Dojde ke stabilizaci systému, kdy voda je vmíšena do směsi oleje a rychlým mícháním je tvořena emulze.
- Udržování dokud se nezíská jednotná homogenní tavenina (typicky 5 min).
- Přidání zbývajících oleje, aromatických materiálů a kyselinotvorných látek.
- Udržování další 1-2 min.
- Balení roztavené směsi za horka.

Pořadí přidávání složek se liší podle zařízení, hydratačních vlastností kaseinu, druhu a obsahu škrobu ve formulaci, typu vařiče, doby vaření, a vlastností konečného produktu.

#### **2.7.2.5 Sterilace**

Sterilace se týká tepelného zpracování směsi, nepřímo nebo přímo vstřikováním páry, přičemž se stále promíchává. Sterilace přispívá k rovnoměrnému rozložení všech složek směsi, rozpuštění emulgační soli a jejich interakce se syřidlovými kaseiny, disperze tuku do kapiček. Také inaktivuje potenciální patogenní a hnilobné mikroorganismy, a tím rozšiřuje životnost výrobku [20].

#### **2.7.2.6 Homogenizace**

Homogenizace není běžně praktikována, s výjimkou analogů sýrů. Homogenizace má řadu účinků [20]:

- pomáhá při míchání a degradaci nerozpuštěných částic
- vede ke stříhání směsi a interakci složek směsi
- podporuje jemnější disperzi kapek tuku
- podporuje zahušťování

### **2.8 Chemické složení sýrových analogů**

Alternativní sýry neboli imitace sýrů se nejčastěji vyrábějí z kaseinů (hlavní protein v kravském mléce), dále pak z rostlinného tuku, soli a vody. Mléčná bílkovina může být nahrazena rostlinnou (sója) nebo škroby [12]. Se zvýšením procenta rostlinného tuku se velikost tukových kapének zvýší a jednotnost jejich rozložení v matrici bílkovin sníží [22].

Přibližné chemické složení tavených sýrových analogů zahrnuje celkový obsah dusíku, vody a chlorid sodný, dále pak složení zahrnuje obsah tuku a popílek, rozpustný dusík a neproteinový dusík [9]. Velmi důležitou složkou je voda. Voda pomáhá v hydrataci proteinů a začlenění složek. Voda je také nutná k dosažení určitých vlastností produktu, jako je jemnost sýru. Množství přidané vody se liší podle toho, zda produkt je plnotučný nebo nízkotučný [10].

Hlavní vliv na chemické složení je spojen s rozdíly mléčných proteinů hlavních typů a s úchovou při 5 °C. Během úchovy se obsah cukrů mění málo. Oproti tomu jsou zde silné důkazy proteolýzy (rozpad bílkovin); obsah proteinů klesl během rozpouštění a neproteinový dusík vzrostl [9].

Při výrobě tavených sýrů hrají emulgační soli důležitou úlohu a zajistí, že jsou vyrobeny homogenní výrobky s požadovanou konzistencí [23].

Jak již bylo zmíněno, protein je hlavní složkou, která tvoří síť v struktuře sýru. Přispívá také k tavení s tukem po zahřívání některých sýrů. Lucey a kol. [24] prokázali, že kasein se v sýrovém toku po zahřívání projevuje strukturálními změnami vyvolanými v síti bílkovin. Podle průzkumu, který provedli Kiziloz a kol. [14], bylo zjištěno, že se fyzikální vlastnosti imitace sýru změnily, pokud byl přidán škrob pro částečné nahrazení sladkého kaseinu.

Fosfor je základní živina sýrů, na druhé straně nadměrná množství fosforu mohou být škodlivá pro strukturu kostí a mohla by přispět k osteoporóze, zvláště v kombinaci s nízkou spotřebou vápníku. Optimální molární Ca: P poměr ve stravě je 1:1 nebo vyšší. U tavených sýrů vysoké množství fosforu snižuje Ca: P poměr (až 1:1,5-3,0), který by mohl být zapleten do osteoporózy. Tradiční tavicí soli také obsahují vysoké koncentrace sodíku (až 30% w / w). V současné době je vysoké množství sodíku ve výživě člověka považováno za rizikový faktor pro vznik mnoha nemocí.

S cílem zvýšit Ca: P poměr a snížit spotřebu sodíku a jeho sloučenin byly činěny pokusy vyrobit tavené sýry nebo jejich analogy bez použití tradičních fosfát-a-polyfosfát tavicích solí. Bylo prokázáno, že je možné vyrábět stabilní tavené sýry s polovičním počtem emulgačních solí pomocí přibližně 1% monoglyceridů. Existují však i studie popisující kompletní nahrazení emulgačních solí [23].

## 2.9 Vlastnosti sýrových analogů

Tavené sýry tvoří emulze oleje ve vodě (O/V). Emulze je v gelové konzistenci v proteolipidické síti zahrnující vodnou fázi, která obsahuje soli a rozptylující se mastné kapičky [10].

U imitace sýru je známo, že je nevýrazný a bez chuti. K překonání tohoto problému je použito chuťově zvýrazňujících látek, používaných ke zvýšení podobnosti imitace sýrů s jejich přirozenými protějšky. Tyto chuťové látky mohou být buď přírodního, nebo umělého původu [16].

Nahrazení části mléčného tuku rostlinným ztuženým tukem podporuje změny ve struktuře, složení, sensorických vlastnostech, barvě a hlavně mikrostruktuře tavených sýrů. Mléčný tuk, i když představuje vyšší podíl nasycených mastných kyselin, obsahuje značné množství mastných kyselin o nízké molekulové hmotnosti, což snižuje jeho nepolární povahu, snižující přitažlivé síly mezi kapénkami tuku a zvyšuje afinitu k proteinové síti [22].

Konzistence není v případě analogů tak charakteristicky elastická, ale je kratší, drobivá, písčité [12]. Možná konzistence tavených sýrů je ovlivněna mnoha faktory, jako je zralost přírodních sýrů (tj. stupeň proteolýzy), pH sýru taveniny, druh a koncentrace emulgačních solí, zpracování a skladování (teplota zpracování, rychlost míchání, doba ohřevu, rychlost chlazení, teplota skladování), obsah sušiny, obsah tuku, přítomnost a koncentrace iontů (zejména vápníku, sodíku a draslíku), druh a koncentrace laktosy nebo jiné cukry, použití emulgátorů (např. monoacylglyceridy) apod. [25]. Z hodnoty pH a obsahu vlhkosti, je zřejmé, že zvyšující se obsah vlhkosti vzorků zvyšuje jejich pH. To souhlasí s výsledky, které prokázali Dimitreli a kol. [26]. Vlhkost působí jako změkčovadlo snižující texturní a viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, zatímco bílkoviny vedou k tvorbě hustší síťové struktury, která dává tvrdší a pružnější produkty. Tuk působí jako mazivo a výsledkem jsou měkčí tavené sýry.

Podle studie, kterou provedli, byly určeny texturní parametry jako Youngův modul, tvrdost, přilnavost, pružnost, gumovitost, soudržnost, žvýkatelnost, maximální napětí, maxima napětí, plocha na vrcholu napětí a celková plocha při kompresi [26].

Stampanoni a Noble [27] zjistili, že vyšší obsah tuku má za následek měkčí, méně pružné, soudržnější a lepivé analogy sýru. Zvyšující se množství kyseliny citrónové nebo chlorid sodný způsobil výrazný pokles soudržnosti a pružnosti a zvýšení pevnosti [13].

Je známo a málo zdůrazňováno, že mléčný tuk má jedinečné vlastnosti: díky krátkým mastným kyselinám, které procházejí střevní stěnou, nezatěžuje aparát jater při rozkladu tuků. Proto se mléčný tuk používá například při dietách žaludku, jater apod. Obsahuje řadu vitaminů rozpustných v tucích. Má technologické vlastnosti (např. bod tání), které jiné potravinářské tuky nemají [28]. Volné mastné kyseliny také přímo přispívají k chuti sýru [16].

Živočišné tuky obsahují vyšší podíl cholesterolu a neobsahují některé esenciální mastné kyseliny. Přídavek kvalitního rostlinného tuku může tyto negativní aspekty snížit nebo eliminovat. Díky obsahu vyšších nenasycených mastných kyselin se také lépe roztírá (což u másla, pomazánek a tavených sýrů zákazník oceňuje) a složení potraviny většinou snižuje náklady na suroviny, protože rostlinný tuk bývá levnější [28].

Imitace sýrů se běžně používá jako přísada do upravených potravin, jako je pizza, lasagne, výrobky Cordon Bleu, kde jeho reologické vlastnosti, které určují, zda se taví a má stabilní strukturu, jsou kritické. Proto je stanovení parametrů, jako texturní tvrdost, dynamická reologie, taveniny, empirická zjištění, stejně jako hodnocení mikrostruktury široce používáno pro posouzení rozhodujících fyzikálních vlastností imitace sýru.

V důsledku nákladových a zdravotních důvodů došlo v poslední době ke zvýšení zájmu o začlenění škrobu do složení imitace sýru, kdy byla prokázána interakce mezi přidaným škrobem a zdrojem bílkovin (obvykle kasein), což mělo vliv na reologické vlastnosti imitace sýru [29].

## 2.10 Mikrostruktura

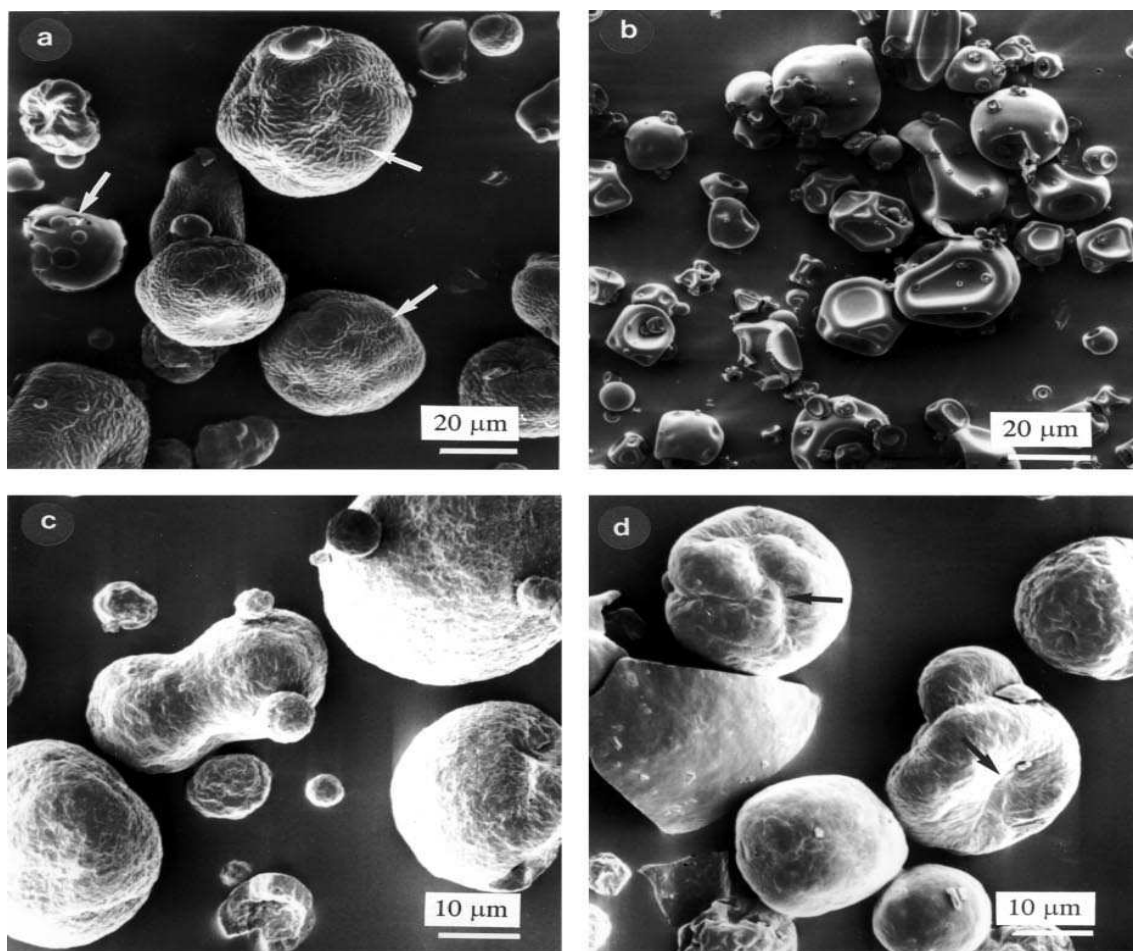
V posledních letech byla velká pozornost věnována mikrostruktuře přírodních sýrů a imitace sýru [30]. Sýr je složitý, vícefázový vícesložkový koloidní systém, jehož mikrostruktura vychází z bilance molekulárních interakcí mezi jeho chemickými složkami, a dodává sýru jeho charakteristické vlastnosti [31].

Ke sledování mikrostruktury lze použít několik technik, jako například skenovací elektronovou mikroskopii (SEM), laserovou konfokální mikroskopii a transmisní elektronovou mikroskopii. Zejména využití SEM se ukázala jako účinný způsob určení prvků tuků, bílkovin a vlhkosti, které jsou hlavními prvky. Nicméně, je zde rostoucí zájem o jiné složky v imitaci sýru, které by mohly být obtížně identifikovány pomocí SEM [30].

Na obrázku je znázorněna mikrostruktura Sem sušených ingrediencí užívaných pro výrobu sýrových analogů. Pro srovnání jsou zde uvedeny částice sušeného mléčného prášku SMP (obr. 4a). Částice SMP jsou kulovitěho tvaru, většina z nich je na povrchu vrásčitá. Výjimkou jsou částice vysoce proteinového SMP (obr.4b), které jsou na povrchu hladké a mají smrštěný, zkroucený vzhled díky sušení. Dále jsou na obrázku ukázány částice sušených tukových náhražek, používaných pro výrobu sýrů, Simplex (obr. 4c) a Dairy-Lo (obr. 4d) [10].

Reakce sýru na vnější síly může odhalit strukturální prvky přímo související s texturou. Jakékoli změny ve složení mají za následek různé strukturální opatření a různé texturní charakteristiky [31].

Cunha a kol. [22] ve své studii prokázali, že při testování proteinové matrice sýru je vidět různé tvary a rozměry otevřených prostorů, znázorňující kapénky tuku, které byly získány během přípravy vzorku pro analýzu.



(a) SMP, (b) vysoce proteinový SMP, (c) částice Simplesse, (d) částice Dairy-Lo  
**Obr. 4:** Mikrostruktura SEM sušených ingrediencí používaných při výrobě tavených sýrových analogů [10]

Tradiční tavené sýry obsahují četné malé částice tuku rozptýlené v bílkovinné jednotné síti. Kapénky tuku jsou převážně kulové a rovnoměrně rozprostřené po celém proteinovém matrixu [22]. Vzhled tukových částic a proteinové matrice je znázorněn na obrázku 5.

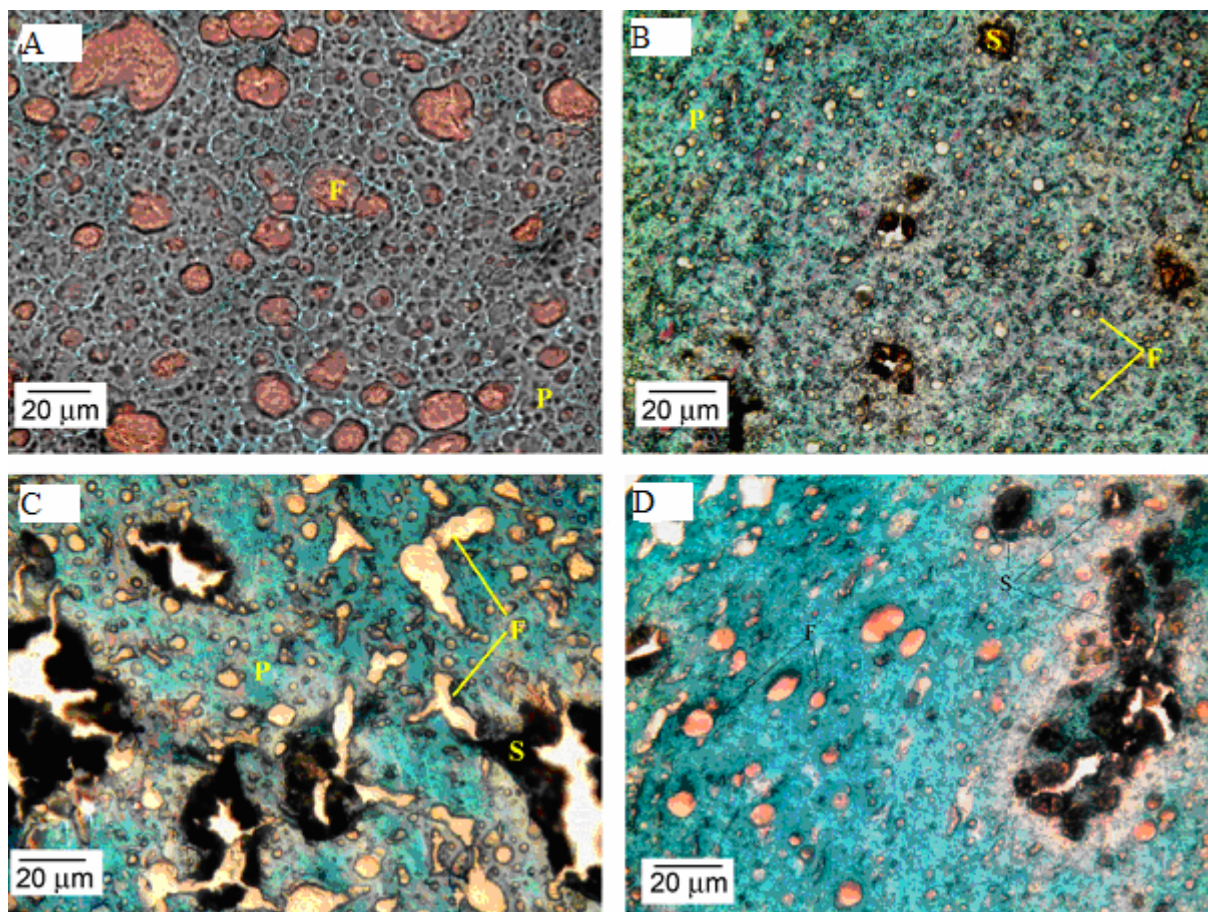
Jestliže je obsah tuku snížen, tvoří strukturu sýru více neporušených proteinových zón. V důsledku toho dochází k vysokému stupni síťování bílkovinných molekul, výsledkem čehož je vznik tří-dimenzionálních sítí vykazujících vysokou odolnost proti deformaci [31].

Cunha a kol. [22] dále zjistili, že při zpracování analogů mícháním a tavením dochází k porušení vazeb, a tavené tuky tvoří částice různého průměru, které byly emulgované kaseinem. Průměr těchto částic závisí na podílu rozrušení vazby. Míra rozrušení závisí na odstředivé síle při zpracování, obsahu mastných kyselin a struktuře tukové sítě.

Použijeme-li rostlinný tuk s dlouhým řetězcem mastných kyselin, dojde ke vzniku větších a nepravidelných krystalů a kapének tuku.

S ohledem na tvrdost, byly tradiční tavené sýry měkčí než analogy, což souvisí s přítomností většího množství malých tukových kapének. V analozích bylo větší množství bílkovin na jednotku plochy tuku v důsledku většího průměru kapičky tuku. Taková hustota vysokého obsahu bílkovin byla spojena se zvýšenou tvrdostí, protože bílkovinná matrice je konstrukční prvek se zvýšenou odolností proti deformaci [22].





*F- tukové kuličky, P- proteinová matrice, S- částice škrobu*

**Obr. 5:** Světelné mikrofotografie imitací sýrů obsahující kukuřičný škrob [32]

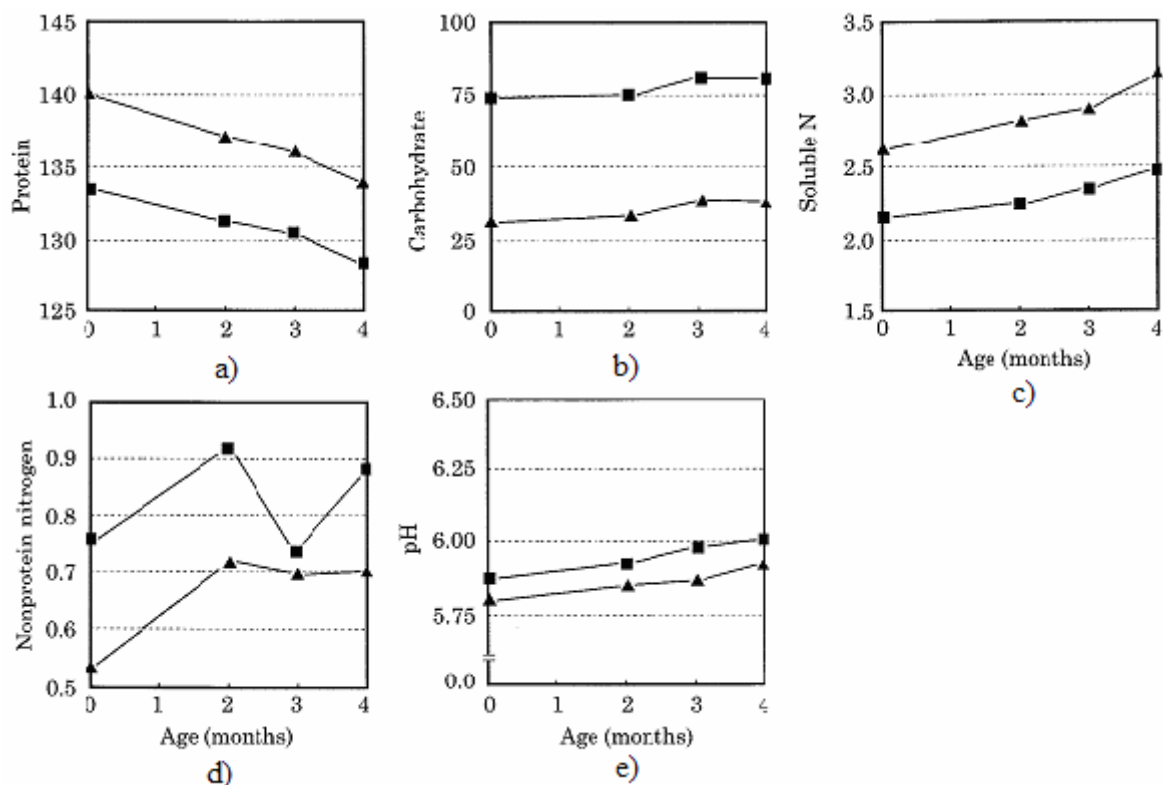
## 2.11 Změny během skladování

U tavených sýrů se očekává, že jde o stabilní výrobek s velmi dlouhou dobou údržnosti. Nicméně i produkty bez bakteriální kontaminace udrží svou vysokou kvalitu pouze na několik měsíců při pokojové teplotě. Během skladování se struktura a chuť pomalu mění. Možné příčiny těchto změn jsou: ztráta vodní páry, hydrolýza polyfosfátů, změny iontové rovnováhy, tvorby krystalů, oxidace, neenzymatické hnědnutí, enzymatické činnosti, interakce s obalovými materiály.

Změny tavených sýrů během skladování ovlivňují čtyři hlavní faktory:

- složení výrobku
- zpracování
- balení
- skladovací podmínky (čas a teplota).

Moderní technologie zpracování a pečlivý výběr přísad umožňují vyrábět bakteriologicky stabilní tavené sýry. Z tohoto důvodu se často očekává, že tavený sýr bude výrobek s trvanlivostí více než 1 rok. Avšak i bakteriologicky stabilní produkty v dobrém obalu obvykle udrží svoji kvalitu pouze 6-12 měsíců při pokojové teplotě. Fyzikální a chemické procesy stárnutí ovlivňují během skladování chuť a strukturu. Postupně se objeví typický off-flavour, často nazvaný 'staré' aroma, a tím omezuje senzorickou kvalitu. Struktura se také mění, většinou na pevnější, kratší texturu. Některé změny mohou nastat současně [21]. Změny složení během skladování analogů znázorňuje obrázek 6.



a) závislost proteinu na době skladování (4 měsíce), b) závislost sacharidu na době skladování (4 měsíce), c) závislost rozpustného dusíku na době skladování (4 měsíce), d) závislost bezproteinového dusíku na době skladování (4 měsíce), e) závislost pH na době skladování

**Obr. 6:** Změny ve složení (g/kg) během skladování analogů tavených sýrů vyrobených z různých proteinových základů [9]

## 2.12 Obsah chuťově a aromaticky aktivních látek

Chuť nebo vůně je jednou z klíčových charakteristik, které určují kvalitu sýru a přijetí spotřebiteli [33]. Je obecně známo, že těkavý profil odráží obraz vůně a aroma sýrů. Unikátní chuť různých odrůd sýru je výsledkem rovnováhy mezi těkavými a netěkavými chemickými sloučeninami a každý výrobek má jedinečné složení těkavých sloučenin. Chuť vzniká při procesu zrání z mléčného tuku, bílkovin a sacharidů [34].

Jak již bylo zmíněno v úvodu, chuťově se analogy nedají srovnat s pravými sýry. Chuť je spíše umělá. U analogů jsou díky použití většinou rostlinného tuku chutě méně výrazné, mléčně netypické, s příchutí po margarínech, někdy i lojovité, fádňí, prázdné [12].

Muir a kol. [9] senzoricky hodnotil vzorky Čedaru, pro popis chuti zvolil termíny celková intenzita, smetanový, slaný, kyselý, máslový a hořký. Dva termíny popisují následnou chuť: intenzita a přetrvání. Pro popis textury a pocitu v ústech použil termíny zrnitý, mazlavý, lepkavý, rozpustný v ústech, tučný.

Podle jejich průzkumu, je mezi analogy podstatný rozdíl ve vlhkosti, tucích a sacharidovém obsahu.

Dále uvádějí, že s výjimkou slaného charakteru, byly vlastnosti popisující chuť a příchut' ovlivněny základem nebo typem tuku. Produkty vyrobené použitím sušeného odstředěného mléka s vysokým obsahem proteinů, byly výrazně odlišné od produktů vyrobených

ze sušeného mléčného tuku. Produkty ze sušeného mléčného tuku se při jejich hodnocení snadno odlišily i od ostatních typů tuků smetanovou a máslovou chutí. Intenzita chuti, hořkost, intenzita a trvanlivost příchutí jsou ovlivněny skladovací dobou, jak již bylo zmíněno [9].

Dosud bylo identifikováno více než 600 těkavých látek zjištěných v sýru. Existuje však obecný názor, že jen malá část z těchto látek je opravdu odpovědná za chuť sýru [35]. Bylo také pozorováno, že některé méně hojné látky jsou klíčové sloučeniny pro aroma sýrů, díky jejich velmi nízkému prahu vnímání [33].

## **2.12.1 Neutrální sloučeniny**

### **2.12.1.1 Alkoholy**

Alkoholy jsou sloučeniny, které mohou být snadno získány z aldehydů. Mohou vytvářet příjemné aroma některých sýrů, (alkoholové, květinové), ale pokud se nachází v sýrech ve vysokých koncentracích, jsou zodpovědné za vady v aroma sýru [36].

Nejčastější alkohol, který je označen jako klíčový odorant ve většině sýrů, je 1-okten-3-ol. Linolová a linolenová kyselina jsou prekurzory osmi sloučenin uhlíkového aroma, jako je tato látka. Tento alkohol je hlavní aroma aktivní sloučeninou měkkých sýrů, jako je Camembert, přírodní a krémová Gorgonzola a Mozzarella, ale je také klíčovým odorantem tvrdého sýru [35].

Přítomnost rozvětvených řetězců primárních alkoholů, např. 3-methyl-1-butanol, označuje snížení aldehydů vyrobené z leucinu. Ten byl identifikován jako menší odorant Mozzarely a poskytuje příjemnou vůni čerstvých sýrů [35]. 3-methyl butanol, 2-methyl butanol a 2-methyl propanol se vyznačují alkoholovými a ovocnými vůněmi, které jsou pro alkoholy typické, jak již bylo zmíněno [37].

Ze sekundárních alkoholů byl 2-heptanol identifikován jako klíčový odorant Gorgonzoly, přírodních i smetanových sýrů. Sekundární alkoholy jsou tvořeny enzymatickým snížením odpovídajících methyl ketonů, které samy o sobě jsou odvozeny od mastných kyselin  $\beta$ -oxidací, nebo z  $\beta$ -ketokyselin. Fenylethanol, uvedený v kozím sýru, patří mezi nejvíce voňavé aromatické alkoholy. Jeho velmi příjemná vůně připomíná vůni květu růží [35].

### **2.12.1.2 Aldehydy**

Aldehydy vznikají z aminokyselin buď transaminací, což vede k přechodným imidům, které mohou být dekarboxylovány, nebo Streckerovou degradací. Tato reakce je jednoduchá a nemůže k ní dojít bez enzymové katalýzy v průběhu zrání. Aldehydy jsou považovány za přechodné a nestabilní látky sýrů, protože se silně štěpí na primární alkoholy nebo dokonce oxidují na odpovídající kyseliny. Tyto sloučeniny propůjčují sýrům charakteristické květinové aroma [36, 35].

Aldehydy s rozvětveným řetězcem pravděpodobně pochází z degradace aminokyselin pomocí enzymatických procesů, stejně jako neenzymatických reakcí (Streckerova degradace). Griffith a Hammond [38] uvádí ve své studii, že vůně charakteristické pro aldehydy v rámci této skupiny, kde typickými látkami jsou 2-methylpropanal, 2-methylbutanal a 3-methylbutanal, jsou tvořeny z valinu, isoleucinu a leucinu. 3-methylbutanal byl identifikován jako silný odorant v Camembertu, čedaru a dalších. Představuje ostrou štiplavou vůni, která je popisována také jako nezralá, jableková nebo tvarohová, ale v nízkých koncentracích má spíše příjemnou ovocnou vůni [35, 37].



Lineární aldehydy, jako jsou n-butanal, n-pentanal, n-hexanal a n-nonanal jsou poměrně běžné v sýrech. Lineární aldehydy jsou velmi nepříjemné, když jejich koncentrace překročí určitou hranici. Jsou charakterizovány jako aroma zelené trávy a bylin. Hexanal je jeden z nejhodnějších aldehydů a dává aroma pažitkové nebo po nezralém ovoci. Nonanal můžeme popsat také jako aroma po růžích. 2-nonenal dává stejně jako hexanal pažitkovou chuť [35, 36].

Jedním z důležitých aromatických aldehydů je fenylacetaldehyd, tvořený degradací fenylalaninu [35]. Vyznačuje se jako aroma medu, květinové, po růžích a fialkové. Další sloučeninou, která se často vyskytuje v sýrech, je benzaldehyd. Vyznačuje se chutí jako hořká mandle [37].

Aldehydy, spolu s ketony, jsou hlavní vedlejší produkty autooxidace nenasycených mastných kyselin [36].

### 2.12.1.3 Ketony

Ketony jsou společné sloučeniny pro většinu mléčných výrobků. Vzhledem ke své typické vůni a jejich nízkému prahu vnímání, ketony, zejména methyl ketony, jsou především známy pro jejich příspěvek v modrých zrajících sýrech [35].

Ovocné, květinové a zatuchlé aroma je spojeno s různými methyl ketony, jako je 2-oktanon, 2-nonanon, 2-dekanon a 2-undekanon. Nivě je připisován 2-heptanon. 2-heptanon je důležitý pro chuť směsi ementálu a přírodních sýrů. Mnoho methyl ketonů tvoří přechodné sloučeniny, které mohou být štěpeny na alkoholy [35, 36].

Z hlediska sensorického další důležitý odorant je 1-okten-3-on, který byl často spojen s houbovou vůní. 1-okten-3-on je silný odorant Camembertu, Ementálu, čedaru a dalších.

Jedním z nejdůležitějších diketonů je 2,3-butandion (diacetyl). Tato komponenta je získána z pyruvátu vyplývající z laktosy a metabolismu citrátu. Produkce 2,3-butandionu je především v důsledku činnosti bakterií mléčného kvašení, především *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* a *Leuconostoc* spp. Tato těkavá látka je oceňována pro svou máslovou a ořechovou vůni a byla identifikována jako klíčový prvek aroma Hermelínu, Ementálu a čedaru, stejně jako 1-okten-3-on [35].

### 2.12.1.4 Estery

Estery kyselin jsou společné těkavé látky sýrů. Esterifikační reakce nastanou mezi krátkými až středně dlouhými mastnými kyselinami a primárními a sekundárními alkoholy odvozenými od laktosového kvašení nebo z katabolismu aminokyselin.

Většina esterů nalezených v sýru jsou popsány jako mající sladké a květinové aroma. Hrají důležitou roli při formování ovocného charakteru sýru [35, 36].

Speciálně ethylestery jsou známy pro svou důležitou roli ve formování ovocného charakteru v sýru. Některé z těchto esterů mají velmi nízký práh vnímání. Tyto látky mohou přispívat k vůni sýru minimalizací ostrosti a hořkosti způsobené mastnými kyselinami a aminy. Ethyl butanoát byl identifikován jako jeden z nejsilnějších odorantů čedaru, Ementálu a smetanové Gorgonzoly. Ethyl ester kyseliny máselné a ethyl ester kyseliny hexanové dávají ovocné aroma [33]. Sensorické vlastnosti sýru Mozzarella zřejmě závisí především na rozvětvených esterech ethyl isobutanoátu (ethyl-2-methylpropanoát) a ethyl-3-methylbutanoátu. Tyto sloučeniny také hrají důležitou roli v aroma sýru Ementál. Fenethyl acetát je jedním z nejdůležitějších aromatických esterů. Tato směs propůjčuje květinovou vůni sýru Camembert.

Laktony jsou cyklické estery, ve kterých funkce kyselin a alkoholů patří ke stejné molekule.

Přítomnost různých gama a delta laktonů v měkkých sýrech, jako je Camembert, může mít význam v konečném důsledku díky jejich vůni po ovoci a jejich nízkému prahu vnímání. Laktony jsou obvykle spojeny s výraznými vůněmi broskve, meruňky a kokosovými vůněmi. Jedním z nejčastějších a důležitých laktonů přítomných v sýru je d-dekalakton. Tato látka je klíčový odorant pro Hermelín a sýr ementálského typu [35].

#### **2.12.1.5 Furany**

Chirální 3 (2H) - a 2 (5H)-furany jsou známy jako silné aroma sloučeniny. Jsou vonné složky mnoha druhů ovoce a zpracovaných potravin. Díky své příjemné chuti a vůni jsou vyráběny synteticky v průmyslovém měřítku a jsou široce používány jako aromatické látky pro potraviny a nápoje. Avšak jen málo je známo o vlivu furanů na chuť sýru. Existují důkazy, že tyto sloučeniny mohou přispět k senzorickým vlastnostem některých druhů sýru. 4-hydroxy-2, 5-dimethyl-3 (2 H)-furan (furaneol) je klíčovým odorantem sýru Ementál. Furaneol se tvořil pravděpodobně v průběhu vaření. Experimentální modely ukázaly, že tato sloučenina se vyrábí tepelnou degradací fruktózy nebo 6-deoxyhexos, za přítomnosti aminů a aminokyselin Maillardovou reakcí.

Dalším důležitým furanem je 5-ethyl-4-hydroxy-2-methyl-3 (2H)-furan (homofuraneol). Tato sloučenina významně přispívá k obvyklé chuti a nízkému obsahu tuku v sýrech ementálského typu. Na základě nízké prahové hodnoty se projevuje karamelová chuť a vlastnosti sladké vůně [35].

### **2.12.2 Alkalické složky**

#### **2.12.2.1 Sloučeniny obsahující dusík**

Mezi dusík obsahující sloučeniny patří indol, což je hlavní odorant Mozzarely a produkuje charakteristický zatuchlý, zkažený zápach, připomínající stáje. Tato těkavá látka je pravděpodobně produkt rozkladu tryptofanu. Skatol je další důležitá dusík obsahující sloučenina, která pravděpodobně významně přispívá k vůni Ementálu. Co se týče aroma, lze jej charakterizovat stejně jako indol [35, 37].

#### **2.12.2.2 Pyraziny**

Pyraziny významně přispívají k chuti sýrů, a to zejména v případě čedaru. Například hranice vnímání 3-isopropyl-2-methoxypyrazinu je velmi nízká, což může vysvětlit jeho význam ve vytvoření zemitého charakteru v čedaru. Tato látka pochází z l-valinové degradace jak bylo zjištěno. V čedaru jsou dalšími látkami pyrazin, 2-isobutyl-3-methoxypyrazine. 2 - ethyl-3,5-dimethylpyrazine a 2,3-diethyl-5-methylpyrazine jsou rovněž klíčové odoranty tohoto typu sýru [35].

#### **2.12.2.3 Sloučeniny síry**

Těkavé sloučeniny síry hrají důležitou roli v chuti sýrů. Sloučeniny síry v podstatě pocházejí z rozkladu methioninu. Tyto komponenty jsou popsány jako silné česnekové zápachy a charaktery velmi zralého sýru. Navíc jejich prahy vnímání jsou velmi nízké, a tak se pravděpodobně podílejí na konečném aroma měkkého zrajícího sýru.

Nejčastější složkou sýru je methional (3-methylthiopropional). Tato těkavá látka, která může být vyráběna Streckerovou degradací, má charakteristické aroma po vařeném bramboru a vařeném zelí. Vyznačuje se také štiplavým, dráždivým aroma a hraje důležitou roli ve vonném profilu odrůd sýrů jako Hermelín, čedar, Ementál, kozí sýr a dalších. Přispívá pozitivně k chuti sýru v nízkých koncentracích, ale při vysoké koncentraci byl zjištěn bramborový off-flavour [35, 37].

Methanthiol je další důležitá sloučenina obsahující síru. Ta je odvozena z methioninu a může být prekurzorem pro další sloučeniny síry, jako je dimethyldisulfid a dimethyltrisulfid přes oxidační reakce. Mnoho mikroorganismů je schopno vyrábět methanthiol z methioninu, obzvláště *Penicillium camemberti*, *G. candidum*. Methanthiol je jedním z charakteristických aroma sloučenin Camembertu a čedaru. Typická chuť čedaru je produkována interakcí právě zmíněného methanthiolu s dosud neidentifikovanou frakcí kyseliny [35].

#### 2.12.2.4 Terpeny

Terpeny patří také mezi těkavé látky. Pocházejí z rostlin, které tvoří krmné směsi z pastvin. Jejich výskyt v sýru není ve skutečnosti spojen s procesem zrání, ale se stravou pasoucích se krav. Tyto molekuly jsou přenášeny do mléka z pastvy zvířat a nakonec do sýru [36].

Mezi nejčastěji zjištěné terpeny patří  $\alpha$ -pinen a linalool. Tyto dva terpenoidy byly nalezeny převážně v čedaru. Linalool, spolu s terpineolem a isoborneolem, byly také označeny za hlavní terpen obsahující látky [35].

### 2.12.3 Kyselé látky

#### 2.12.3.1 Fenolické sloučeniny

Fenoly pozitivně přispívají k chuti sýru, ale směřují k nepříjemné příchuti, jak se jejich koncentrace zvyšuje. Sensorická kvalita se pohybuje od ostré, lékařské, sladké, aromatické, až do kouřové, zuhelnatělé, karamelové, nepříjemné. Mezi tyto komponenty patří *p*-kresol (4-methyl). Tyto fenolové sloučeniny pochází z tyrosinu [35].

#### 2.12.3.2 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou důležité, nebo dokonce dominantní, komponenty chuti mnoha druhů sýrů. Mastné kyseliny jsou nejen aromatické sloučeniny samy o sobě, ale také slouží jako předchůdci methyl ketonů, alkoholů, esterů a laktonů [36].

Většina mastných kyselin, které mají mezi 4 a 20 atomů uhlíku, pocházejí z hydrolýzy triglyceridů. Nižší podíl volných mastných kyselin, které mají obvykle mezi 2 a 6 atomů uhlíku, pochází z degradace laktosy a aminokyselin. Molimard a Spinnler [39] objevili, že kratší mastné kyseliny lze rovněž odvodit z ketonů, esterů a aldehydů oxidací. Je také důležité si uvědomit, že pH hodnotu sýru ovlivňuje koncentrace těkavých mastných kyselin. Pouze ve volné, protonované formě jsou mastné kyseliny aroma-aktivní a přispívají k chuti sýrů. Jedná se především o kyseliny rozpustné v tukové fázi sýru.

Obecně platí, že dlouhé mastné kyseliny (> 12 atomů uhlíku) hrají menší roli v chuti, vzhledem k jejich relativně vysokému prahu vnímání. Krátké a středně dlouhé řetězce se sudým počtem uhlíků (C4-C12), mají mnohem nižší prahy vnímání a každý má charakteristické znaky. Například ethanová (octová kyselina) a propanová (propionová kyselina) mají typický octový zápach [35].

Butanová (máselná) kyselina (C4), vytváří aroma žluklé a tvarohové, zatímco hexanová kyselina (C6) vytváří štiplavé, niva aroma. V závislosti na jejich koncentraci a prahu vnímání mohou buď pozitivně přispět k aroma imitace sýru nebo ke žluklé vadě [16].

Butanová (máselná) hraje důležitou roli v chuti mnoha druhů sýrů, jako je Camembert, čedar atd. Nicméně velké množství těchto těkavých kyselin, které mohou pocházet z kyseliny máselné kvašením, je nežádoucí. Může vytvářet žluklé aroma [36]. V případě čedaru, ostatní přímé mastné kyseliny, jako pentanová (valerová), hexanová (kapronová), dekanová (kaprinová) a dodekanová (laurová) kyselina, významně přispívají k jeho aroma [35].

Rozvětvené mastné kyseliny jsou charakteristické sloučeniny pro kozí a ovčí sýry. Mezi nimi např. 2- a 3-methylbutanové kyseliny jsou důležité složky. Tyto dvě složky pravděpodobně pochází z isoleucinu a leucinu [35]. Yvon a Rijnen [40] charakterizovali další 3-methylbutanovou kyselinu, a to kyselinu isovalerovou, u které charakterizovali nepříjemné, nechutné a zkažené aroma, jež zřejmě přispívá k aroma velmi zralých sýrů [35].

## 2.13 Metoda stanovení aromatických látek

Aromatické látky jsou z chemického hlediska těkavé látky, které se v potravinách vyskytují většinou ve velmi nízkých koncentracích [34]. Aroma je definováno celkovým počtem vůní připadajících na desítky různých těkavých látek. Aromatické látky se skládají z různých druhů chemických molekul, jako jsou terpeny, laktony, pyraziny, ethery, aldehydy a další. Tyto látky jsou spojeny s dojmem určité vůně, např. laktony- ovocná vůně. [41]

Mallia a kol. [33] uvádí, že k analýze těkavých, senzoricky aktivních látek v sýrech lze použít různé techniky, což může vést k odlišným výsledkům. K jejich izolaci lze použít parní destilace, simultánní destilační extrakce, vysoká vakuová destilace a mikroextrakce na pevné fázi (SPME). Pro experimentální stanovení aromatických látek v této práci byla použita právě metoda mikroextrakce na pevné fázi ve spojení s plynovou chromatografií.

Obecně jsou těkavé látky stanovovány pomocí plynové chromatografie (GC). Vhodnější metodou je kombinace s mikroextrakcí pevnou fází neboli Solid Phase MicroExtraction (SPME), která vyžaduje pouze malé množství vzorku a umožňuje extrakci těkavých analytů z pevné i tekuté matrice [34,33].

### 2.13.1 SPME

Mikroextrakce pevnou fází neboli Solid Phase Microextraction je výkonná, moderní, jednoduchá, rychlá, levná a účinná extrakční metoda bez přítomnosti rozpouštědla [42, 43]. Tento postup lze použít pro izolaci těkavých látek ze širokého sortimentu potravin včetně sýrů [16].

Tato technika byla původně navržena pro analýzu organických sloučenin ze vzorků životního prostředí, v poslední době je však stále častěji aplikována při analýze aroma, nežádoucích pachů a kontaminantů různých druhů potravin, např. ovoce, zeleniny, nápojů a mléčných výrobků.

Na rozdíl od klasických extrakčních metod není analyt extrahován ze vzorku úplně, ale pouze do dosažení rovnováhy. Rovnovážný stav se ustanovuje mezi koncentrací analytu ve vzorku, v headspace nad vzorkem a v polymeru pokrývajícím SPME vlákno. Množství extrahovaného analytu závisí na [43]:

- typu a tloušťce polymeru pokrývajícího vlákno
- na distribuční konstantě analytu
- koncentraci analytu ve vzorku

- extrakčních podmínkách

Velmi důležitá je volba SPME vlákna, které zachytává výpary aromatických látek. Volba vlákna vychází především z jeho polaritity a očekávaného extrakčního mechanismu (nepolární analyty jsou mnohem účinněji extrahovány vlákny s nepolárním povrchem a naopak) [16, 43].

Nejčastěji se používá křemenné vlákno pokryté sorpční vrstvou, které je umístěno v duté ocelové jehle, která vlákno chrání před mechanickým poškozením. Při sorpci analytu je vlákno nejprve zataženo dovnitř jehly, která propíchne septum v zátce vialky. Posunutím pístu se vlákno vsune do kapalného vzorku (direct immersion DI-SPME), případně do prostoru nad jeho hladinou (headspace HS-SPME). Analyt se sorbuje do vrstvy pokrývající vlákno. Po dosažení sorpční rovnováhy se vlákno opět zasune dovnitř jehly a je vytaženo z vialky [42, 37, 43].

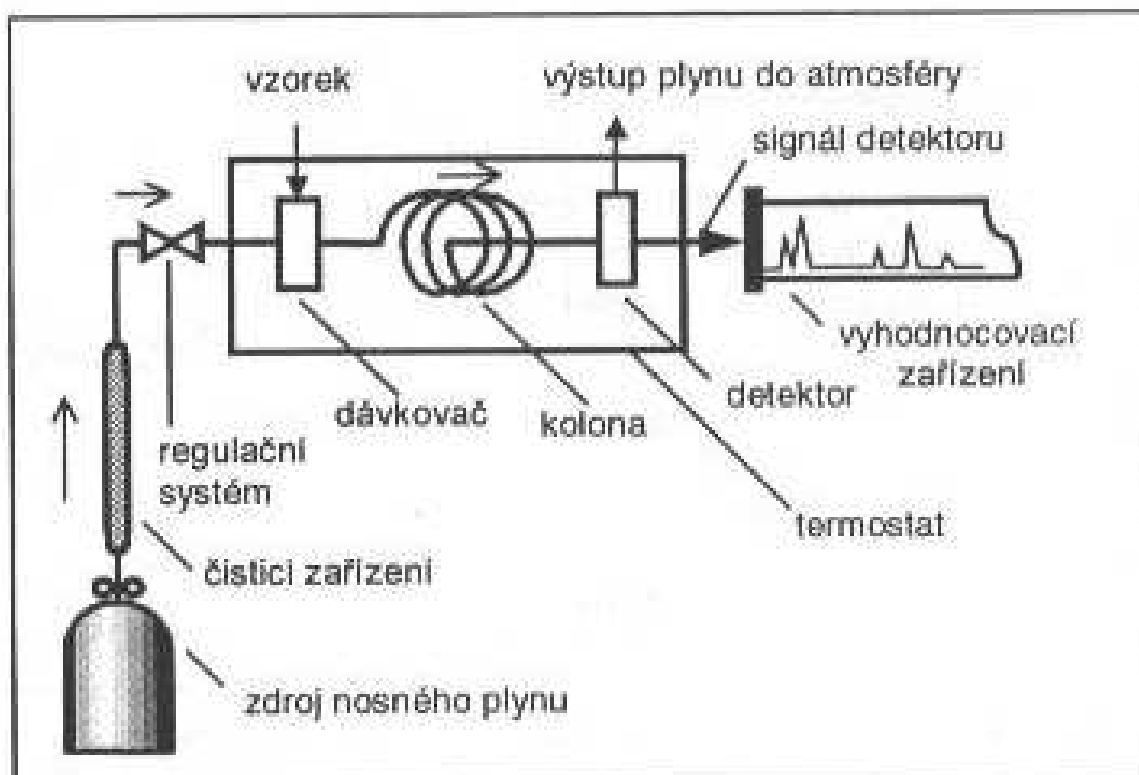
Pro analýzu aromatických látek potravin je vhodnější metoda HS-SPME, kdy je vlákno umístěno do plynné fáze nad vzorkem v uzavřeném prostoru, do prostředí nasyceného těkavými látkami. Po určité době se nechá probíhat sorpce na tuhou fázi. Je citlivější, vykazuje vyšší selektivitu a vyšší životnost vlákna (asi 100-150 extrakcí). U HS-SPME je dosažení rovnováhy rychlejší, protože analyty mohou rychleji difundovat do vlákna. Následuje analytický stupeň, kterým je obvykle plynová chromatografie. Vlákno se nechá v dávkovacím zařízení termicky desorbovat a analyt vstoupí do chromatografické kolony [16, 42, 43].

## 2.10.2 Plynová chromatografie

Chromatografie je separační metoda, tedy metoda, při které se oddělují složky obsažené ve vzorku. Jde především o metodu kvalitativní a kvantitativní analýzy vzorku. V chromatografii se vzorek vnáší mezi dvě vzájemně nemísitelné fáze. Stacionární fáze je nepohyblivá, mobilní fáze je pohyblivá. Vzorek je umístěn na začátek stacionární fáze. Pohybem mobilní fáze přes stacionární fázi je vzorek touto soustavou unášen. Složky vzorku mohou být stacionární fází zachycovány, a proto se při pohybu zdržují. Více se zdrží složky, které jsou stacionární fází poutány silněji. Tím se postupně složky od sebe separují a na konec stacionární fáze se dostávají dříve složky méně zdržované.

V plynové chromatografii se vzorek dávkuje do proudu plynu, který jej dále unáší kolonou. Proto se mobilní fáze nazývá nosný plyn. Zdrojem nosného plynu je tlaková láhev obsahující vodík, dusík, helium nebo argon. Druh plynu nemá přímý vliv na separaci. V koloně se složky separují na základě různé schopnosti poutat se na stacionární fázi. Složky opouštějící kolonu indikuje detektor. Signál z detektoru se vyhodnocuje a z časového průběhu intenzity signálu se určí druh a kvantitativní zastoupení složek.

Obecně může být plynová chromatografie použita k separaci plynů, většiny nedisociovaných kapalin a pevných organických molekul a mnoha organokovových látek. Není použitelná pro separaci makromolekul, organických a anorganických solí. Obrázek 7 znázorňuje schéma plynového chromatografu [42].



**Obr. 7** Schéma plynového chromatografu [42]

## 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1. Laboratorní vybavení a chemikálie

#### 3.1.1 Plyny

- Dusík 5.0 SIAD v tlakové lahvi s redukčním ventilem a kovovou membránou;
- Vodík 5.5 SIAD v tlakové lahvi s redukčním ventilem;
- Vzduch 5.0 SIAD v tlakové lahvi s redukčním ventilem pro kyslík.

#### 3.1.2 Přístroje

- Plynový chromatograf TRACE GC (ThermoQuest Italia S. p. A., Itálie) s plamenově ionizačním detektorem, split/splitless injektorem a kapilární kolonou DB- WAX (30 m × 0,32 mm × 0,5 µm) s výstupem na PC
- Počítač PC, Intel Pentium Procesor
- Analytické digitální váhy HELAGO, GR-202-EC, Itálie
- Lednice
- Vodní lázeň

#### 3.1.3 Pracovní pomůcky

- SPME vlákno CAR<sup>TM</sup>/PDMS 85 µm, SPME Supelco Fiber
- Mikropipeta Biohit-Proline (100 – 1000 µl), špičky
- Vialky o objemu 4 ml s kaučuk-teflonovým septem a šroubovacím uzávěrem
- Běžné laboratorní sklo
- Parafilm Pechiney PLASTIC PACKAGING
- Nůž, nůžky

#### 3.1.4 Chemikálie- standardy

**Tabulka 2:** *Seznam použitých standardů*

kapronová kyselina	propanol	okt-1-en-3-ol
acetaldehyd	butylacetát	nonan-2-ol
butan-2,3-diol	kapronaldehyd	benzaldehyd
propionaldehyd	hexanal	propionová kyselina
aceton	isobutanol	n-oktanol
methylacetát	pentan-2-ol	isomáselná kyselina
ethylacetát	butanol	undekan-2-on
methanol	heptaldehyd	máselná kyselina
terc. butanol	heptan-2-on	ethylkaprinát
isovaleraldehyd	isoamylalkohol	fenylacetaldehyd
isopropanol	n-amylalkohol	isovalerová kyselina
ethanol	acetoin	dekan-1-ol
propylacetát	heptan-2-ol	fenylethanol
diacetyl	hexan-1-ol	mléčná kyselina
methylpropylketon	nonan-2-on	benzylalkohol
methylisobutylketon	oktan-2-ol	kaprylová kyselina
sek. butanol	Ethylkaprylát	kaprinová kyselina
ethylbutyrát	octová kyselina	

### 3.2 Analyzované vzorky

K analýze aromaticky aktivních látek byly použity vzorky tavených analogů sýrů, které byly vyrobeny na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Jako hlavní surovina byla použita eidamská cihla (30%) vyrobená v mlékárně v Kroměříži (Kromilk a.s.), dále tavicí soli, voda a různé druhy tuků: kokosový tuk, slunečnicový olej a palmový olej.

Vzorky obsahují 40 % sušiny a 50 % tuku v sušině na 700 g. Složení jednotlivých typů sýrů uvádí tab. 3-5.

**Tabulka 3:** Složení analogu sýru s obsahem kokosového tuku

Kokosový tuk		
Pořadové číslo	Surovina	Množství [kg]
1	Eidamská cihla 30%	0,4000
2	Tuk	0,1010
3	Tavicí sůl	0,0190
4	Pitná voda	0,2600
Sušina:		40,00 %
Tuk:		20,00 %
Tuk v sušině:		50,00 %

**Tabulka 4:** Složení analogu sýru s obsahem palmového tuku

Palmový tuk		
Pořadové číslo	Surovina	Množství [kg]
1	Eidamská cihla 30%	0,4000
2	Tuk	0,1000
3	Tavicí sůl	0,0190
4	Pitná voda	0,2600
Sušina:		40,00 %
Tuk:		20,00 %
Tuk v sušině:		50,00 %

**Tabulka 5:** Složení analogu sýru s obsahem slunečnicového oleje

Slunečnicový olej		
Pořadové číslo	Surovina	Množství [kg]
1	Eidamská cihla 30%	0,4000
2	Tuk	0,0980
3	Tavicí sůl	0,0190
4	Pitná voda	0,2700
Sušina:		40,00 %
Tuk:		20,00 %
Tuk v sušině:		50,00 %

Vzorky byly vyrobeny tak, že rozkrájená surovina byla dána do tavicího zařízení, a poté k ní byla přidána voda a tavicí soli. Následoval nepřímý záhřev pláštěm na 90 °C po dobu 1 minuty. Poté byla daná směs plněna do plastových kelímků a uzavřena. Výrobky



chladly samovolně a byly dále skladovány při teplotě 6 °C. Před vlastní analýzou byly vzorky skladovány v lednici při teplotě 6 ± 2 °C.

### 3.2.1 Příprava vzorků pro analýzu aromatických látek

Byly použity 4 ml vialky, do kterých byl navážen vždy 1 g stanovovaného vzorku sýru. Sýr byl nanesen na dno vialky, aby nedošlo k pozdějšímu kontaktu s SPME vláknem. Poté byla vialka uzavřena vzduchotěsným teflon-kaučukovým septem

## 3.3 Metoda SPME/GC

Pomocí metody mikroextrakce pevnou fází ve spojení s plynovou chromatografií (SPME/GC) byly identifikovány a kvantifikovány aromaticky aktivní látky ve vzorcích rostlinných tuků a analogů tavených sýrů z nich vyrobených.

Navážený vzorek ve vialce byl umístěn do vodní lázně vytemperované na 35 °C po dobu 30 minut, aby docházelo k ustanovení rovnováhy mezi vzorkem a headspace prostorem. Poté bylo do headspace prostoru vsunuto SPME vlákno, které bylo ponecháno po dobu 30 minut, během kterých došlo k extrakci těkavých látek ve vialce na SPME vlákno. Po ukončení extrakce bylo vlákno vsunuto do ocelového obalu a přeneseno do injektoru plynového chromatografu. Zde došlo k desorpci aromatických látek.

### 3.3.1 Podmínky SPME/GC analýzy

- Hmotnost vzorku: 1,00 g
- Teplota vodní lázně: 35 °C
- Temperování vialky se vzorkem: 30 minut na vodní lázni
- Doba extrakce: 30 minut
- Desorpce: přenesení vlákna do GC a ponechání po dobu 20 minut
- Teplota desorpce: 250 °C
- Plynový chromatograf TRACE GC (ThermoQuest Italia S. p. A., Itálie)
- Teplota injektoru: 250 °C
- Teplotní program: 40 °C, 1 minuta, vzestupný gradient 5 °C za minutu do 200 °C s výdrží 7 minut.
- Nosný plyn: dusík N<sub>2</sub>
- Kolona: kapilární DB- WAX o rozměrech 30 m × 0,32 mm × 0,5 μm
- Detektor: plamenově ionizační (FID), 220 °C, průtok vodíku 35 ml.min<sup>-1</sup>, průtok vzduchu 350 ml. min<sup>-1</sup>, make- up dusíku 30 ml.min<sup>-1</sup>
- Celková doba analýzy: 40 minut

## 3.4 Vyhodnocení výsledků SPME/GC analýzy

Extrahované aromatické látky sýru byly identifikovány a kvantifikovány pomocí standardů. Výsledky byly zpracovány pomocí Microsoft Office Excel 2003 a jsou uvedeny ve formě průměr ± sm. odchylka (n=4).

### 3.4.1 Koncentrace

Koncentrace aromatických látek se vypočte pomocí vztahu:

$$c_i = \frac{A_i}{A_s} \cdot c_s \quad (1)$$

kde  $c$  je koncentrace v  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  a  $A$  příslušná plocha píku. Index  $i$  označuje vzorek, jehož koncentraci stanovujeme a index  $s$  označuje standard [42].

- Platí:  $c = \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1} \approx \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sýru

### 3.4.2 Aritmetický průměr

Aritmetický průměr se vypočte jako součet změřených hodnot dělený jejich počtem podle vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

kde  $\bar{x}$  je aritmetický průměr,  $x_i$  jsou měřené hodnoty a  $n$  je počet měřených hodnot [44].

### 3.4.3 Směrodatná odchylka

Směrodatná (standardní) odchylka  $s$  je mírou nepřesnosti série paralelních výsledků. Vystihuje šířku křivky, tj. rozptýlení. Výpočet je daný vztahem:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

kde  $(x_i - \bar{x})^2$  je tzv. odchylka jednotlivého výsledku, druhá mocnina směrodatné odchylky ( $s^2$ ) je rozptyl [45].

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 4.1 Stanovení aromatických látek pomocí SPME/GC

Aromatické látky ve vzorcích sýrových analogů byly izolovány mikroextrakcí pevnou fází (SPME) a následně detekovány pomocí plynové chromatografie (GC). Analýza byla provedena u vzorků CA s obsahem kokosového tuku, palmového tuku a slunečnicového oleje. Analýza byla provedena také u poskytnutých vzorků tuků, které byly obsaženy ve stanovovaných CA. Aby nedocházelo ke změnám obsahu stanovovaných látek, byly vzorky umístěny v chladničce a po otevření balení ihned extrahovány. Podmínky analýzy jsou uvedeny v kapitole 3.3.1.

Jednotlivé vzorky byly proměřeny čtyřikrát. Vyextrahované aromatické látky byly identifikovány pomocí retenčních časů standardů a kvantifikovány podle ploch jejich píků. Přehled standardů s jejich retenčními časy a koncentracemi je uveden v tabulce č. 6. Podle vztahů (1), (2) a (3) byla vypočítána koncentrace, aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Chromatogramy jsou uvedeny v příloze č. 1-6

### 4.2 Standardy aromatických látek

Retenční časy a koncentrace poskytnutých standardů se nachází v tabulce č. 6, jak již bylo zmíněno. V tabulce se nachází řada triviálních názvů, které jsou v praxi běžně používány.

**Tabulka 6:** Standardy aromatických látek, jejich retenční čas a koncentrace

Standard	retenční čas (min.)	koncentrace ( $\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$ )	plocha píku
kys. kapronová	3,600	111,28	11774780
acetaldehyd	3,625	903,32	28190520
butan-2,3-diol	3,632	451,35	21878150
propionaldehyd	4,318	307,30	35419470
aceton	4,615	591,64	34314090
methylacetát	4,705	316,09	45125680
ethylacetát	5,483	179,96	80331420
methanol	5,680	551,89	4012585
terc. butanol	5,755	3687,80	70778320
isovaleraldehyd	5,973	78,87	40596420
isopropanol	6,218	618,91	8066904
ethanol	6,405	354,88	18297210
propylacetát	7,037	4,22	32061970
diacetyl	7,083	425,52	40880340
methylpropylketon	7,160	4,53	46121350
methylisobutylketon	7,755	9,60	28848110
sek. butanol	8,243	321,73	44745870
ethylbutyrát	8,372	3,52	57788530
propanol	8,545	183,63	18259340
butylacetát	9,238	4,22	51562640
kapronaldehyd	9,448	2,49	22626460
hexanal	9,457	5,81	42218780

Standard	retenční čas (min.)	koncentrace ( $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ )	plocha píku
isobutanol	9,887	193,12	15897420
pentan-2-ol	10,730	324,07	61789430
butanol	11,282	40,39	19623330
heptaldehyd	12,002	1,62	30248710
heptan-2-on	12,343	0,03	20375000
isoamylalkohol	12,935	267,02	46504200
n-amylalkohol	14,025	8,10	34070580
acetoin	15,142	8774,28	21965320
heptan-2-ol	15,745	4,92	45013520
hexan-1-ol	16,630	6,31	24972230
nonan-2-on	17,563	1,66	39641960
oktan-2-ol	18,202	0,14	3127775
ethylkaprylát	18,580	3,26	79681620
kys. octová	18,937	5962,00	45012720
okt-1-en-3-ol	18,965	3,01	26227800
nonan-2-ol	20,712	1,66	53962540
benzaldehyd	21,113	1,05	20169750
kys. propionová	21,182	731,99	19258210
n-oktanol	21,655	3,09	29027120
kys. isomáselná	21,827	698,00	42819700
undekan-2-on	22,612	0,85	15022600
kys. máselná	23,278	664,93	45172320
ethylkaprinát	23,368	3,44	31554610
fenylacetaldehyd	23,885	1840,00	94320750
kys. isovalerová	24,215	511,22	17316870
dekan-1-ol	26,220	3,48	19740130
fenylethanol	27,578	4,04	22526320
kys. mléčná	28,043	0,60	30897210
benzylalkohol	28,960	314,68	43916650
kys. kaprylová	32,285	27,12	33021860
kys. kaprinová	36,905	10000,00	18691970

#### 4.3 Identifikace a kvantifikace aromaticky aktivních látek ve vzorcích sýrových analogů

Přítomné sloučeniny byly kvantifikovány přepočtem na koncentrace na základě dávkování známého množství standardů a vzorků za stejných podmínek a následném porovnání ploch jejich píků (viz. Tabulka č. 6 a 7). V tabulce č. 7 se nachází řada triviálních názvů, které jsou v praxi běžně používány.

V CA s palmovým tukem bylo identifikováno celkem 25 aromatických látek, z toho 5 aldehydů, 5 ketonů, 5 mastných kyselin a 10 alkoholů.

V CA s kokosovým tukem bylo identifikováno celkem 22 aromatických látek, z toho 3 aldehydy, 5 ketonů, 1 ester, 4 mastné kyseliny a 9 alkoholů.

V CA se slunečnicovým olejem bylo identifikováno celkem 24 aromatických látek, z toho 7 aldehydů, 4 ketony, 3 mastné kyseliny a 10 alkoholů.

Měření bylo prováděno vždy čtyřikrát z každého sýrového analogu. Z analýzy vyplývá, že se stanovované hodnoty výrazně neliší v zastoupení aromatických látek. Stanovená množství identifikovaných aromatických látek jsou uvedena v tabulce 7 v  $\mu\text{g.g}^{-1}$  sýru.

Celkově lze říci, že se v analogích sýrů nachází: 5 MK, 7 aldehydů, 5 ketonů, 12 alkoholů a 1 ester.

**Tabulka 7:** Aromatické látky sýrových analogů v  $\mu\text{g.g}^{-1}$  sýru

Sloučenina	CA - palmový tuk	CA - kokosový tuk	CA - slunečnicový olej
kys. kapronová	85,387 $\pm$ 2,130	166,134 $\pm$ 53,340	-
acetaldehyd	-	-	77,044 $\pm$ 8,424
propionaldehyd	-	-	1,785 $\pm$ 0,464
aceton	2,948 $\pm$ 0,229	3,479 $\pm$ 0,463	3,229 $\pm$ 0,769
methanol	218,536 $\pm$ 10,384	138,084 $\pm$ 10,192	-
terc. butanol	-	-	76,878 $\pm$ 0,736
isovaleraldehyd	0,634 $\pm$ 0,040	0,326 $\pm$ 7,054	0,834 $\pm$ 0,040
isopropanol	-	-	6,644 $\pm$ 0,368
ethanol	210,036 $\pm$ 6,351	257,139 $\pm$ 0,001	222,610 $\pm$ 3,749
methylpropylketon	0,032 $\pm$ 0,003	0,013 $\pm$ 0,003	0,064 $\pm$ 0,001
methybisobutylketon	0,017 $\pm$ 0,000	0,023 $\pm$ 0,784	-
sek. butanol	10,469 $\pm$ 0,157	9,996 $\pm$ 0,000	11,149 $\pm$ 0,656
ethylbutyrát	-	0,006 $\pm$ 0,225	-
propanol	2,296 $\pm$ 0,135	2,500 $\pm$ 0,001	2,512 $\pm$ 0,164
kapronaldehyd	0,010 $\pm$ 0,000	-	0,024 $\pm$ 0,004
hexanal	0,012 $\pm$ 0,000	0,017 $\pm$ 0,021	0,024 $\pm$ 0,000
butanol	0,153 $\pm$ 0,105	0,291 $\pm$ 0,004	0,456 $\pm$ 0,012
heptaldehyd	0,006 $\pm$ 0,003	-	0,004 $\pm$ 0,000
n-amylalkohol	0,031 $\pm$ 0,003	0,052 $\pm$ 0,000	0,070 $\pm$ 0,009
acetoin	225,709 $\pm$ 17,705	156,489 $\pm$ 4,277	188,901 $\pm$ 5,622
okt-1-en-3-ol	0,254 $\pm$ 0,003	0,275 $\pm$ 0,014	0,318 $\pm$ 0,019
nonan-2-ol	0,003 $\pm$ 0,000	-	-
n-oktanol	0,035 $\pm$ 0,002	0,042 $\pm$ 0,001	0,054 $\pm$ 0,001
undekan-2-on	0,025 $\pm$ 0,001	0,036 $\pm$ 0,001	0,041 $\pm$ 0,002
kys. máselná	3,306 $\pm$ 0,350	3,345 $\pm$ 0,212	3,883 $\pm$ 0,289
fenylacetaldehyd	2,843 $\pm$ 0,315	4,081 $\pm$ 0,119	3,270 $\pm$ 0,289
dekan-1-ol	0,027 $\pm$ 0,003	0,021 $\pm$ 0,007	0,012 $\pm$ 0,003
kys. mléčná	0,004 $\pm$ 0,001	0,003 $\pm$ 0,000	0,004 $\pm$ 0,000
kys. kaprylová	0,093 $\pm$ 0,010	0,067 $\pm$ 0,002	0,064 $\pm$ 0,005
kys. kaprinová	51,166 $\pm$ 17,162	-	-

#### 4.4. Identifikace a kvantifikace aromaticky aktivních látek ve vzorcích rostlinných tuků

Byly analyzovány i samotné tuky (viz Tabulka č. 8), které byly obsaženy v jednotlivých analozích. V palmovém tuku bylo zjištěno 9 aromatických látek, z toho 4 alkoholy, 1 aldehyd, 2 ketony, 1 ester a 1 mastná kyselina.

Nejvíce aromatických sloučenin bylo identifikováno v kokosovém tuku, a to 12, z toho 4 alkoholy, 1 aldehyd, 1 keton a 5 mastných kyselin.

Ve slunečnicovém oleji bylo identifikováno 7 aromatických látek, z toho 2 alkoholy, 2 aldehydy a 3 ketony. Přehled aromatických látek tuků je uveden v tabulce 8 společně se zjištěnými koncentracemi v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

Z celkového výsledku tedy vyplývá, že v tucích se nachází: 5 MK, 3 aldehydy, 4 ketony, 4 alkoholy a 1 ester.

**Tabulka 8:** Aromatické látky tuků sýrových analogů v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

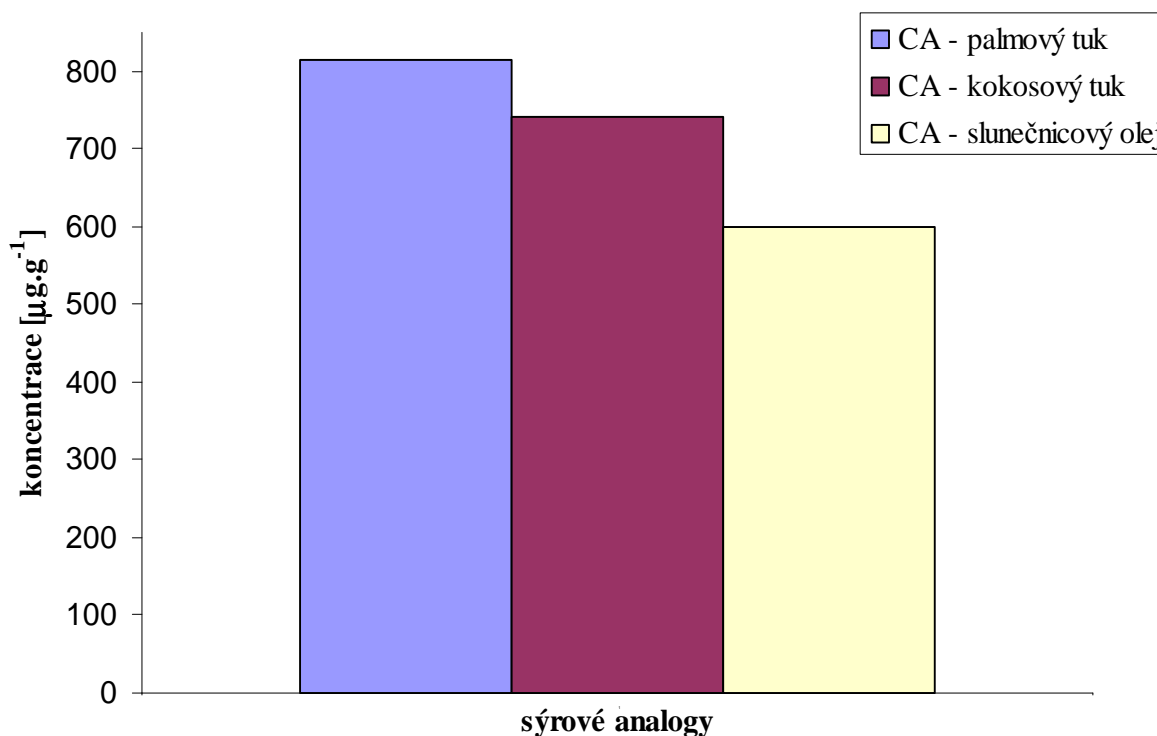
Sloučenina	Palmový tuk	Kokosový tuk	Slunečnicový olej
kys. kapronová	212,571 ± 37,978	439,458 ± 55,552	-
acetaldehyd	-	-	482,427 ± 94,369
aceton	1,309 ± 0,093	-	1,400 ± 0,295
methanol	18,848 ± 2,668	17,824 ± 0,879	-
ethanol	26,069 ± 1,058	52,170 ± 0,998	25,095 ± 0,685
methylpropylketon	-	-	0,007 ± 0,001
methylisobutylketon	0,022 ± 0,001	0,022 ± 0,001	-
ethylbutyrát	0,004 ± 0,000	-	-
hexanal	0,024 ± 0,000	-	0,017 ± 0,001
heptaldehyd	-	0,003 ± 0,000	-
n-amylalkohol	0,026 ± 0,001	0,018 ± 0,000	-
okt-1-en-3-ol	0,011 ± 0,001	0,011 ± 0,001	0,015 ± 0,002
kys. propionová	-	2,175 ± 0,028	-
undekan-2-on	-	-	0,003 ± 0,000
kys. mléčná	-	0,003 ± 0,000	-
kys. kaprylová	-	0,294 ± 0,033	-
kys. kaprinová	-	26,134 ± 1,186	-

#### 4.5. Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek jednotlivých analogů

Porovnání celkového množství obsažených látek jednotlivých sýrových analogů je pro názornost zobrazeno v grafu č. 1. Z grafu je patrné, že největší obsah aromatických látek byl nalezen v CA s palmovým tukem, jejich celková koncentrace je  $814 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , poté v CA s kokosovým tukem o celkové koncentraci  $742 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a nakonec v CA se slunečnicovým olejem o celkové koncentraci  $600 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

Pro názornost jsou aromatické látky stanovené ve všech typech sýrů ještě rozděleny do 3 grafů podle koncentrací. Grafy jsou v rozmezí koncentrací:

- Menší než  $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což znázorňují grafy 2, 5 a 8
- $1-25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což znázorňují grafy 3, 6 a 9
- Více než  $25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což znázorňují grafy 4, 7 a 10



**Graf 1:** Celková koncentrace aromatických látek různých typů sýrových analogů

V taveném sýrovém analogu s palmovým tukem se nejvýrazněji projevil acetoin, methanol a ethanol, které měli podobný obsah. Významnou roli hraje také kyselina kapronová a kys. kaprinová (viz. Graf č. 4).

Obsah aromatických látek v CA s kokosovým tukem je velmi podobný, nejvíce však již nepřevládá acetoin, ale ethanol. Ostatní koncentrace kys. kapronové, acetoinu a methanolu v tomto sýrovém analogu jsou si již velmi podobné (viz. Graf č. 7).

Nejvýrazněji se liší CA se slunečnicovým olejem, kde převládá sice také ethanol a acetoin, ale vyskytují se zde nově ve větších koncentracích acetaldehyd a terciální butanol (viz. Graf č. 10) a chybí naopak methanol nebo kys. kapronová.

Acetoin neboli 3-hydroxybutan-2-on je charakteristický svým mléčným, karamelovým smetanovým a máslovým aroma. Používá se ke zjemnění struktury sýru [46].

Methanol a ethanol jsou typické alkoholy. Methanol je kapalina slabě alkoholového, štiplavého zápachu. Ethanol je také charakteristický alkoholovým zápachem [47].

Mezi mastné kyseliny patří kyselina kapronová a kaprinová. Kyselina kapronová, neboli kyselina hexanová, se vyznačuje svým nepříjemným kyselým aroma v sýrech. Stejně tak kyselina kaprinová neboli dekanová [48].

Acetaldehyd, také známý jako ethanal, je charakteristický svým silným ovocným aroma [49].

Dále bylo provedeno srovnání jednotlivých aromatických látek (AL) podle zastoupení.

Nejvýrazněji zastoupená aromatická sloučenina, která se nachází ve všech srovnávaných sýrových analogích je ethanol (viz Graf č. 4, 7, 10), zjištěné hodnoty jsou:

- CA - palmový tuk 210,036 µg.g<sup>-1</sup>
- CA - kokosový tuk 257,139 µg.g<sup>-1</sup>, což je nejvyšší zjištěná hodnota u CA
- CA - slunečnicový olej 222,610 µg.g<sup>-1</sup>

Další výrazně zastoupená aromatická sloučenina, která se nachází ve všech srovnávaných sýrových analogích je acetoin (viz. Graf č. 4, 7, 10), což je keton. Ve všech srovnávaných vzorcích také představuje jedny z nejvyšších hodnot. Zjištěné hodnoty jsou:

- CA - palmový tuk  $225,709 \mu\text{g.g}^{-1}$
- CA - kokosový tuk  $156,489 \mu\text{g.g}^{-1}$
- CA - slunečnicový olej  $188,901 \mu\text{g.g}^{-1}$

Významné zastoupení má také methanol (viz. Graf č. 4, 7), který se nachází dle zjištěných hodnot nejvíce v:

- CA - palmový tuk  $218,536 \mu\text{g.g}^{-1}$
- CA - kokosový tuk  $138,084 \mu\text{g.g}^{-1}$

Výjimkou je CA se slunečnicovým olejem, ve kterém nebyl nalezen vůbec.

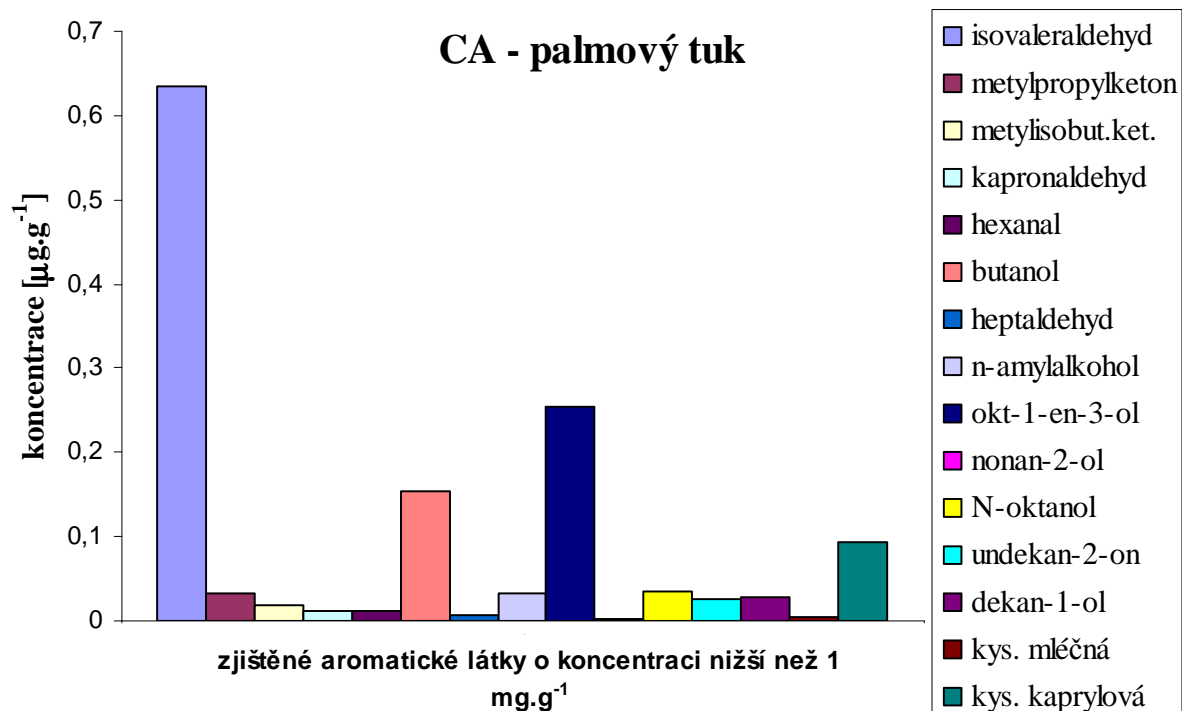
Významnou roli hraje také kyselina kapronová, která se nachází pouze v CA s palmovým tukem a kokosovým tukem (viz. Graf č. 4, 7).

Zajímavé je srovnání aromatických látek, které se nachází pouze v jednom ze všech srovnávaných sýrových analogů, což je patrné v tabulce č. 7. Jednou z těchto sloučenin je kyselina kaprinová, která se nachází pouze v CA s palmovým tukem. Další takovou sloučeninou je ethylbutyrát, který se nachází pouze v CA s kokosovým tukem. Nejvýznamnější zastoupení těchto sloučenin má CA se slunečnicovým olejem, který obsahuje jako jediný acetaldehyd a propionaldehyd, a dále terc. butanol a isopropanol.

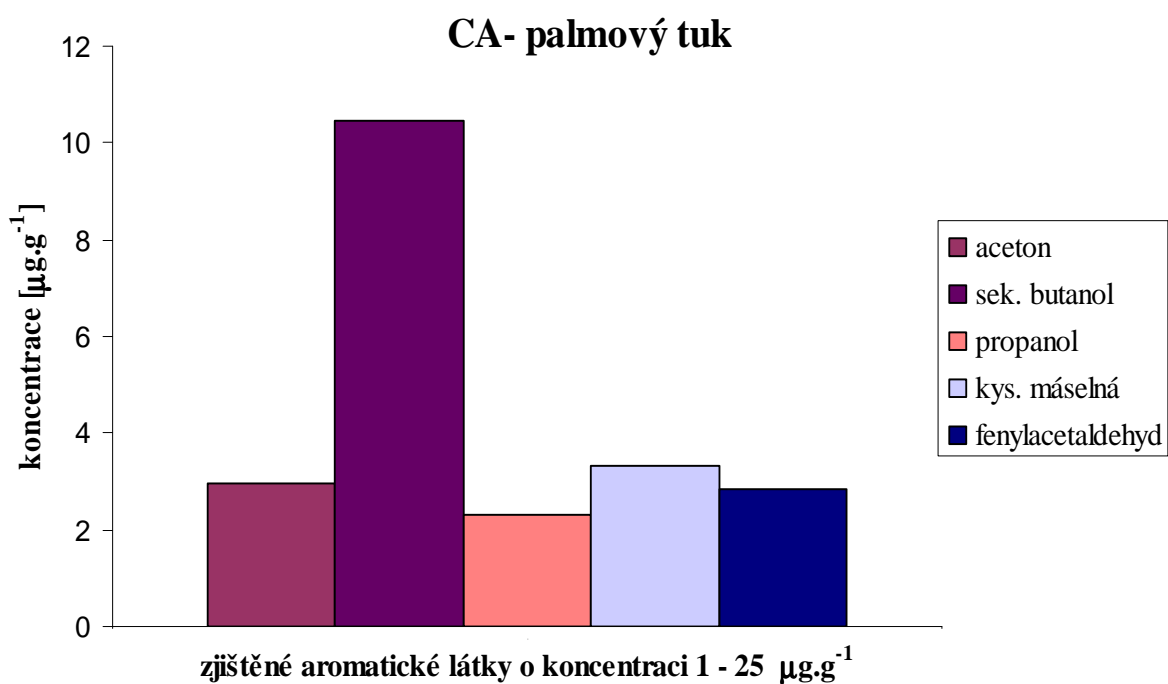
Z ostatních srovnávaných látek se jediný methylišobutylketon a kapronaldehyd nenachází ve všech stanovovaných CA (viz. Tabulka č. 7).

Porovnáním výsledků se tedy dá říct, že významnou roli hrají hlavně alkoholy a ketony, které jsou nejvýrazněji zastoupeny. Jednotlivé sýrové analogy se v obecném srovnání příliš neliší. Je to dáno i tím, že mají společný základ a to 30% Eidamskou cihlu, takže rozdíly jsou nejspíše dány převážně přidanými rostlinnými tuky, které byly porovnány následovně.

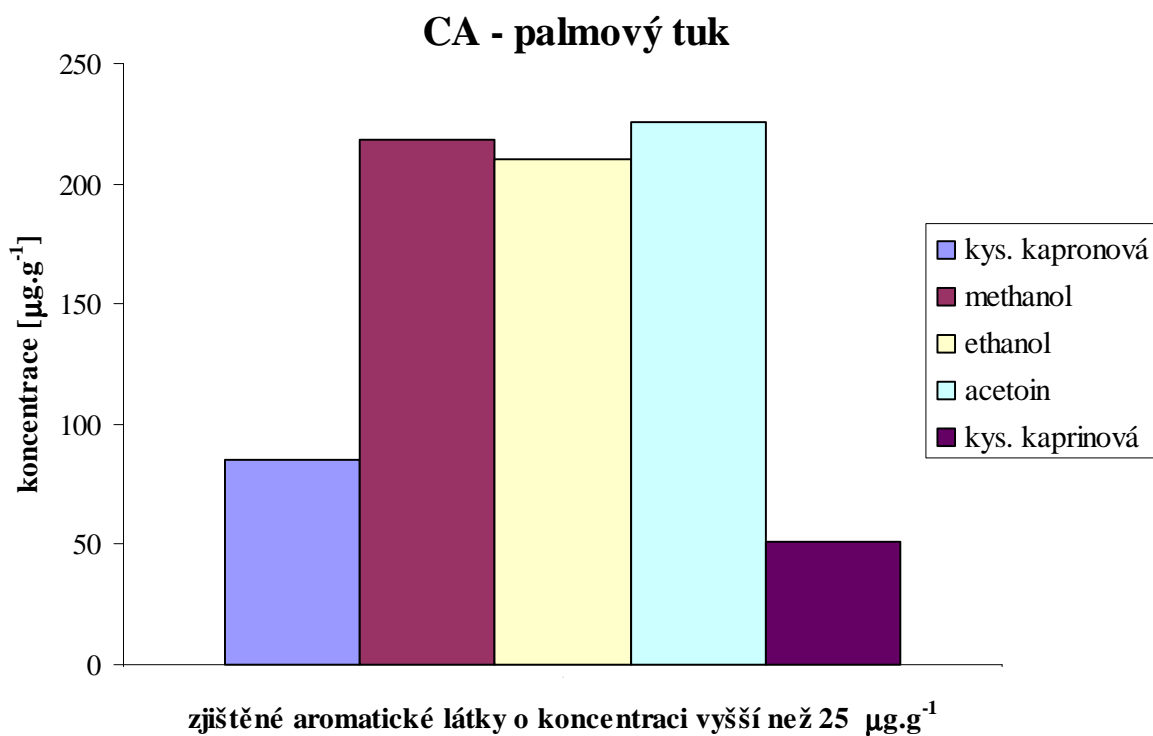




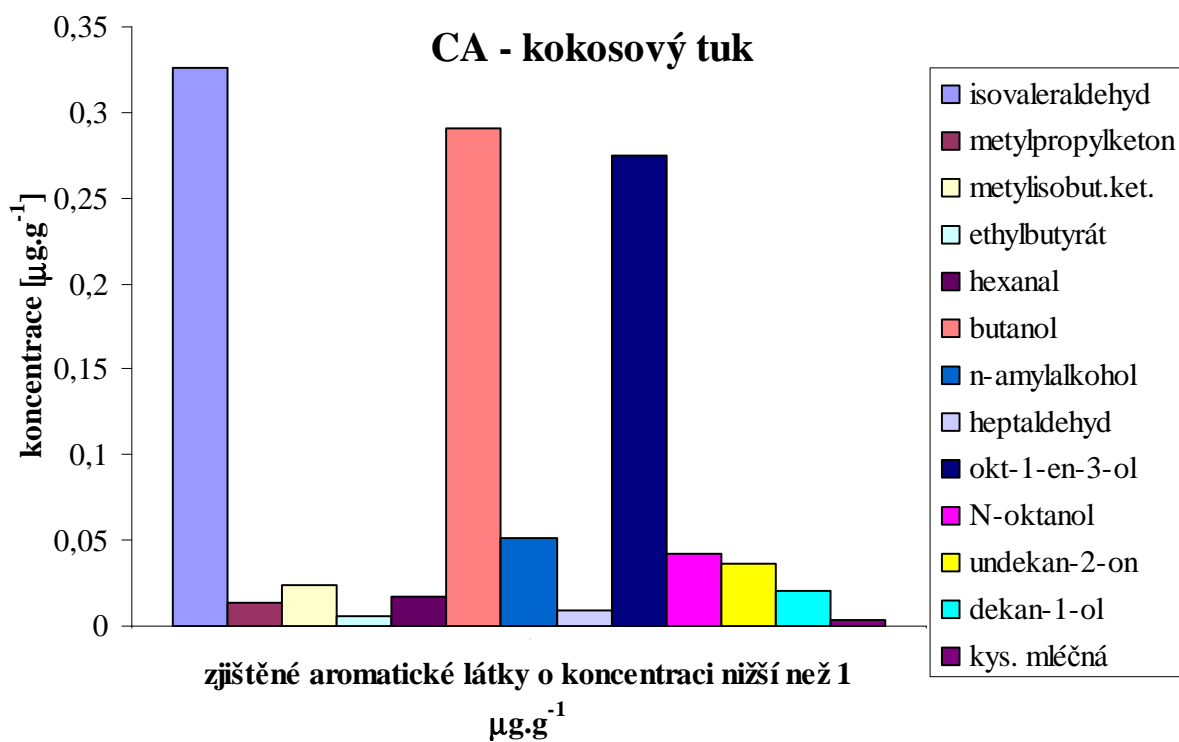
**Graf 2:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu s palmovým tukem o koncentraci nižší než  $1 \mu\text{g.g}^{-1}$



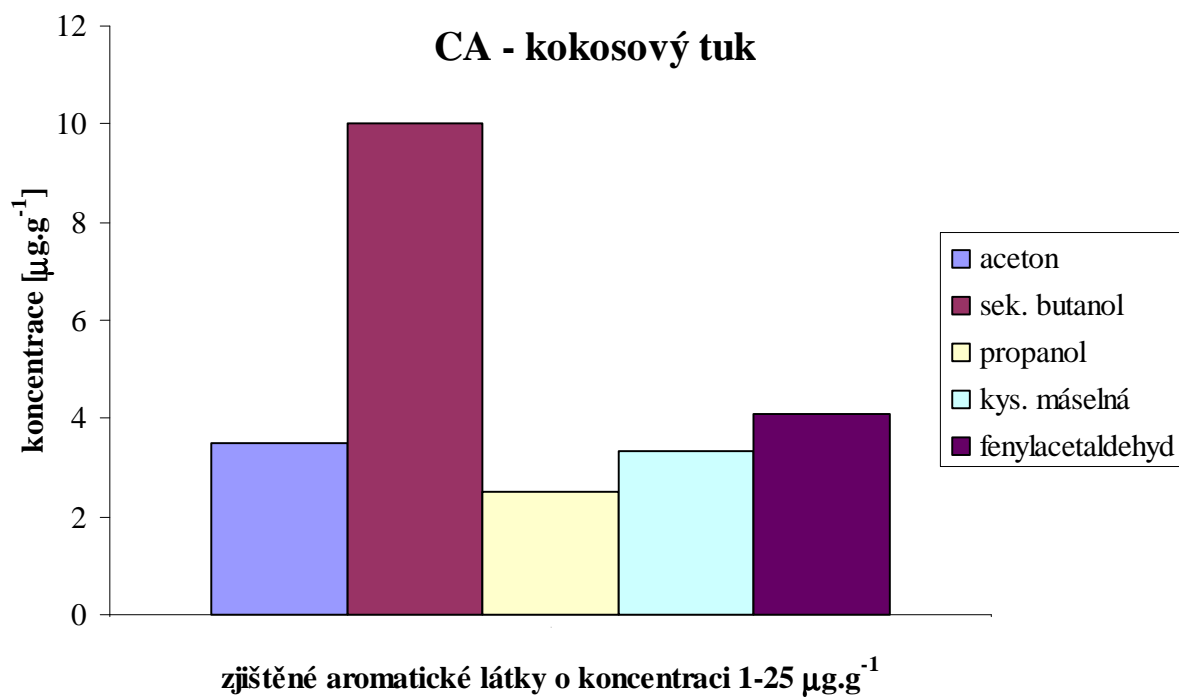
**Graf 3:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu s palmovým tukem o koncentraci v rozmezí  $1 - 25 \mu\text{g.g}^{-1}$



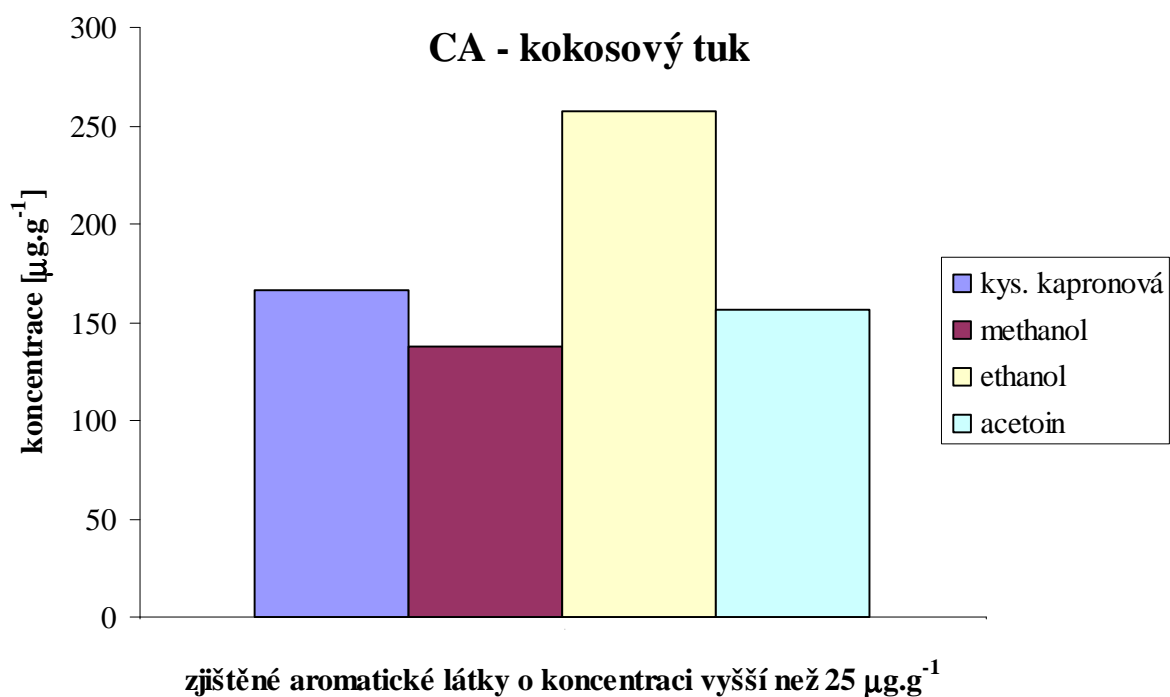
**Graf 4:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu s palmovým tukem o koncentraci vyšší než 25  $\mu\text{g.g}^{-1}$



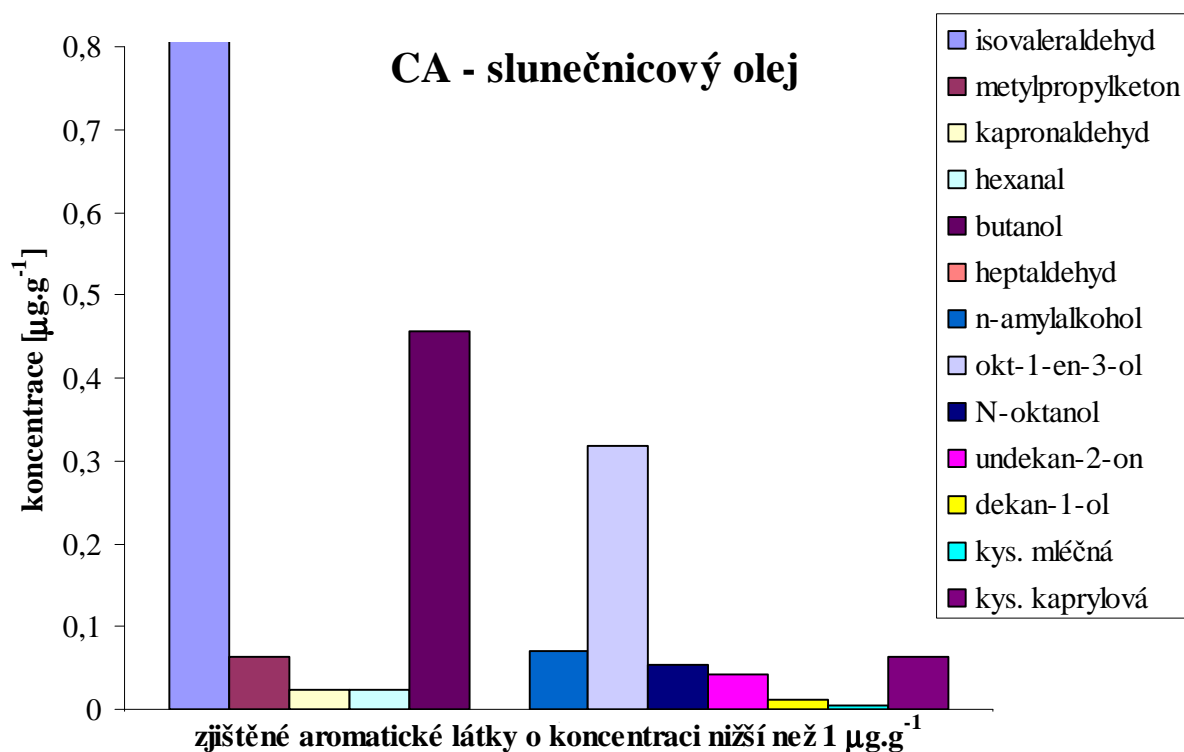
**Graf 5:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu s kokosovým tukem o koncentraci nižší než 1  $\mu\text{g.g}^{-1}$



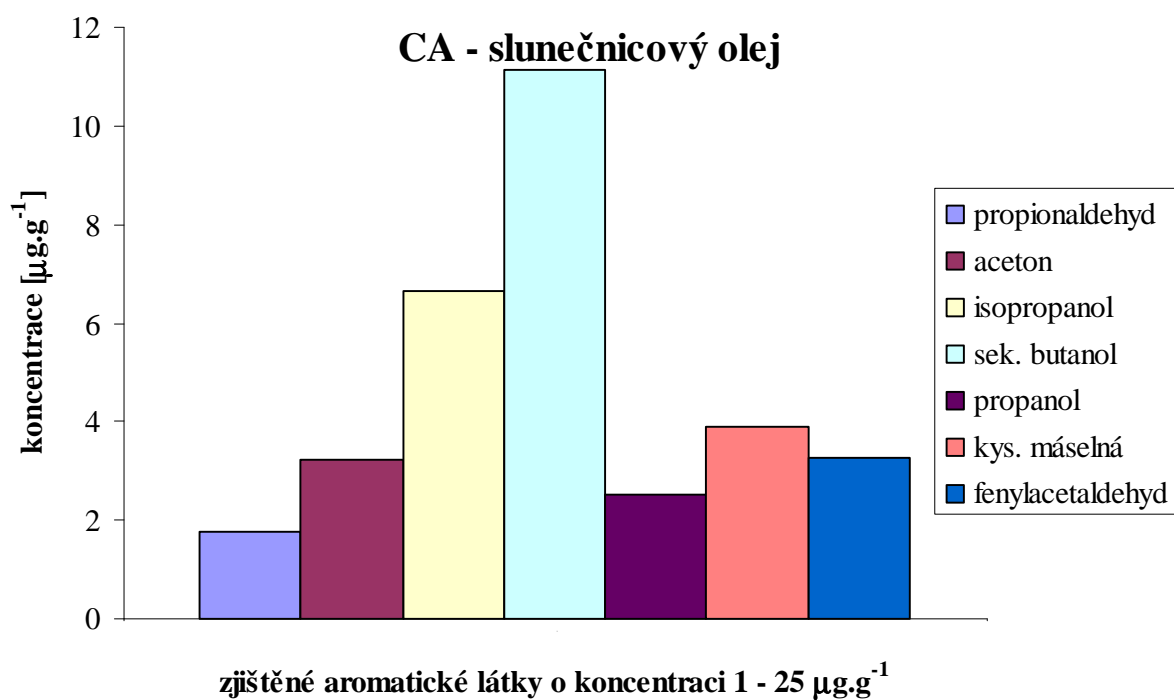
**Graf 6:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu s kokosovým tukem o koncentraci v rozmezí 1 - 25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$



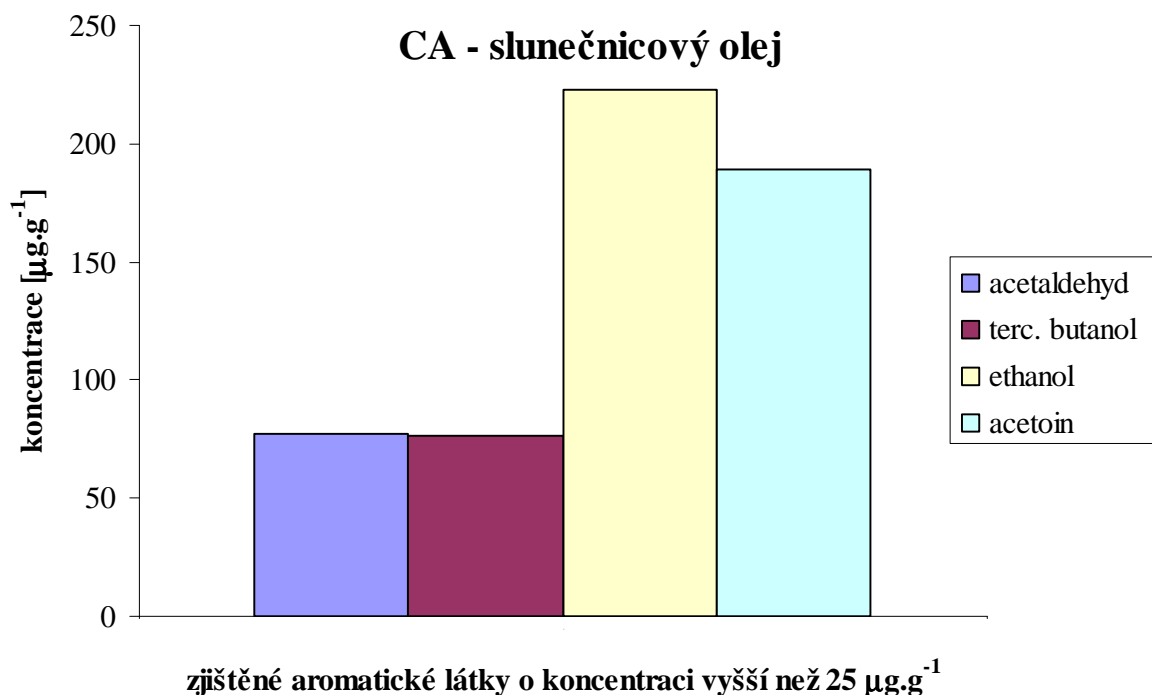
**Graf 7:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu s kokosovým tukem o koncentraci vyšší než 25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$



**Graf 8:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu se slunečnicovým olejem o koncentraci nižší než  $1 \mu\text{g.g}^{-1}$



**Graf 9:** Obsah aromatických látek v sýrovém analogu se slunečnicovým olejem o koncentraci v rozmezí  $1 - 25 \mu\text{g.g}^{-1}$



**Graf 10:** Obsah aromatických látek v syrovém analogu se slunečnicovým olejem o koncentraci vyšší než  $25 \mu\text{g.g}^{-1}$

#### 4.6 Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek jednotlivých tuků

Stejně jako u CA, bylo i zde provedeno porovnání kvantifikovaného množství obsažených látek v jednotlivých tucích. Z grafu č. 11 je patrné, že největší celkový obsah AL byl nalezen v kokosovém tuku o celkové koncentraci  $532 \mu\text{g.g}^{-1}$ , poté ve slunečnicovém oleji o podobné koncentraci  $512 \mu\text{g.g}^{-1}$  a nakonec v palmovém tuku o nejnižší koncentraci  $259 \mu\text{g.g}^{-1}$ .

Pro názornost jsou aromatické látky stanovené ve všech typech tuků opět rozděleny do 3 grafů podle koncentrací. Grafy jsou v rozmezí koncentrací:

- Menší než  $1 \mu\text{g.g}^{-1}$ , což znázorňují grafy č. 12, 16 a 18
- $1-25 \mu\text{g.g}^{-1}$ , což znázorňují grafy 13, 16 a 19
- Více než  $25 \mu\text{g.g}^{-1}$ , což znázorňují grafy 14, 17 a 20

V palmovém tuku se nejvýrazněji projevila kyselina kapronová a ethanol (viz. Graf č. 14). Složení kokosového tuku je velmi podobné, ale navíc zde převládá kyselina kaprinová (viz Graf č. 20). Nejvíce se odlišuje slunečnicový olej, kde převládá acetaldehyd a ethanol (viz Graf č. 17). Obecně lze tedy říci, že nejvýraznější roli zde hrají MK a alkoholy.

Některé látky, které měly velmi vysoké koncentrace, se projeví překvapivě jen v některých druzích tuků.

Další výrazně zastoupená aromatická sloučenina je kys. kapronová (viz Graf č. 14, 20), jejíž zjištěné hodnoty jsou:

- palmový tuk  $212,571 \mu\text{g.g}^{-1}$
- kokosový tuk  $439,458 \mu\text{g.g}^{-1}$

Nenachází se však již ve slunečnicovém oleji.

Výrazně zastoupená aromatická látka, která se však nachází pouze ve slunečnicovém oleji, je acetaldehyd. Stanovením byla zjištěna hodnota  $482,427 \mu\text{g.g}^{-1}$ , což je současně nejvyšší zjištěná hodnota u tuků.

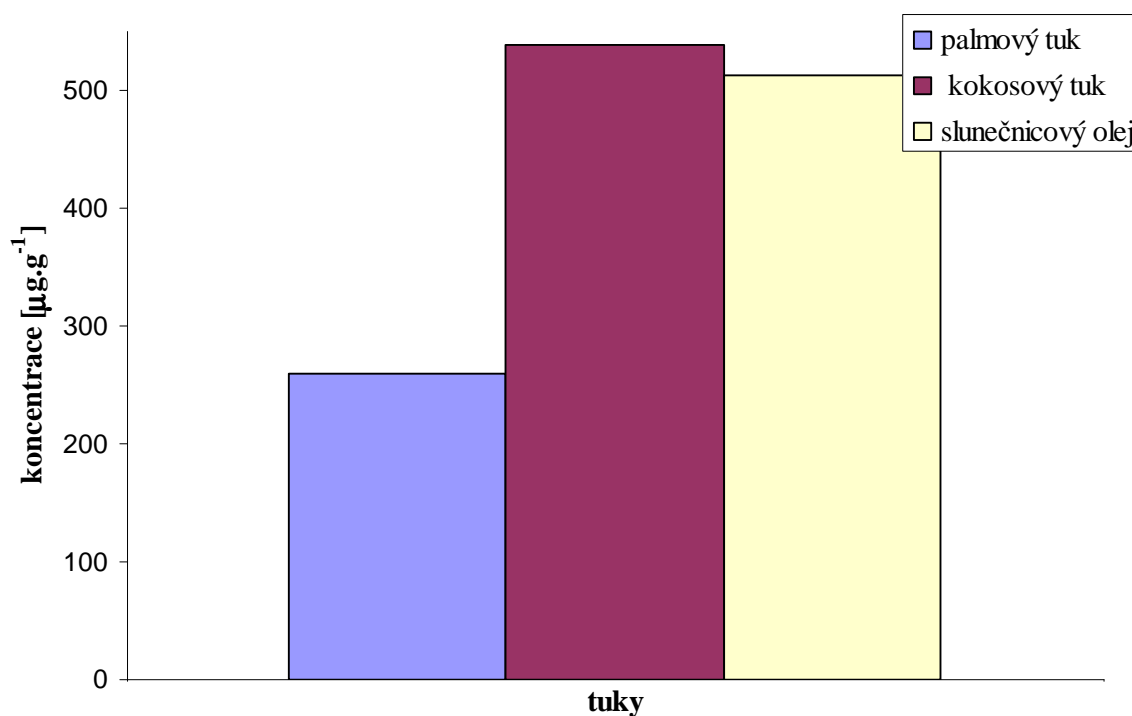
Zajímavé je opět srovnání aromatických sloučenin, které se nachází pouze v jednom ze všech srovnávaných tuků:

- pouze v palmovém tuku: ethylbutyrát
- pouze v kokosovém tuku: heptaldehyd, kys. propionová, kys. mléčná, kys. kaprylová, kys. kaprinová, kde tedy převládají MK
- pouze ve slunečnicovém oleji: acetaldehyd, methylpropylketon a undekan-2-on

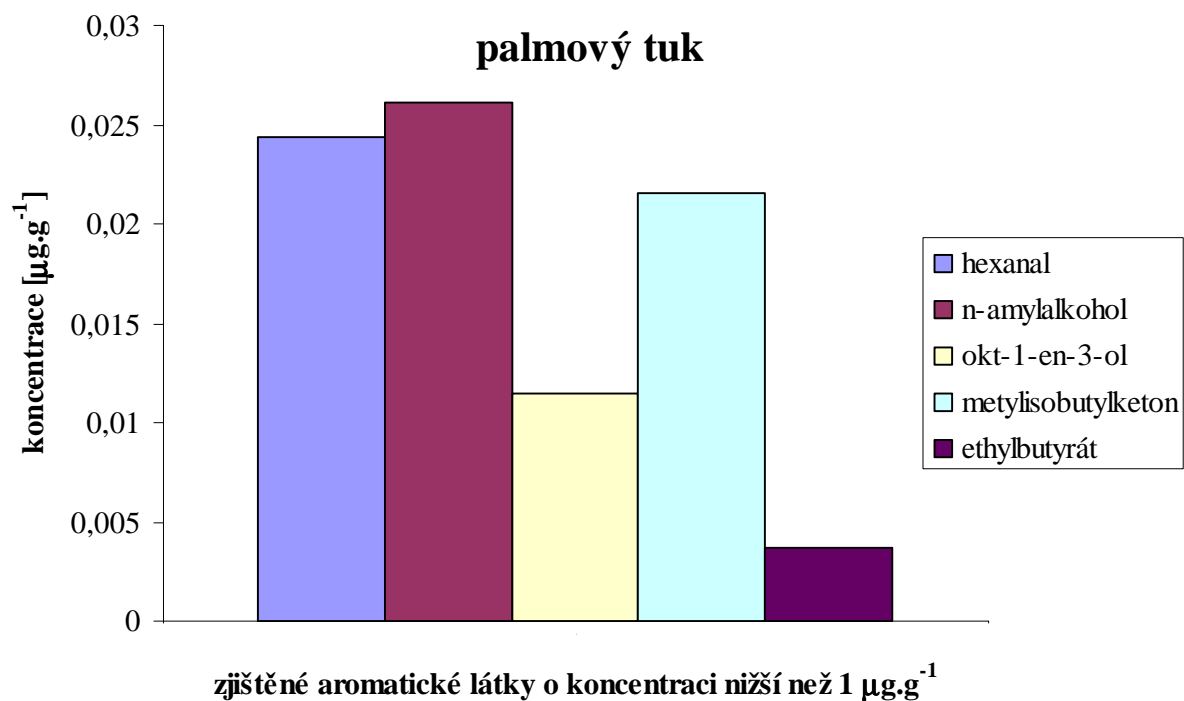
Z ostatních srovnávaných látek se nenachází ve všech stanovovaných tucích: aceton, methanol, methylisobutylketon, hexanal a n-amylalkohol (viz Tabulka č. 8).

V tucích se většina aromatických látek pohybovala v koncentracích menších jak  $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Vyšších koncentrací dosahovaly jen některé sloučeniny, které však měly mnohonásobně vyšší koncentrace.

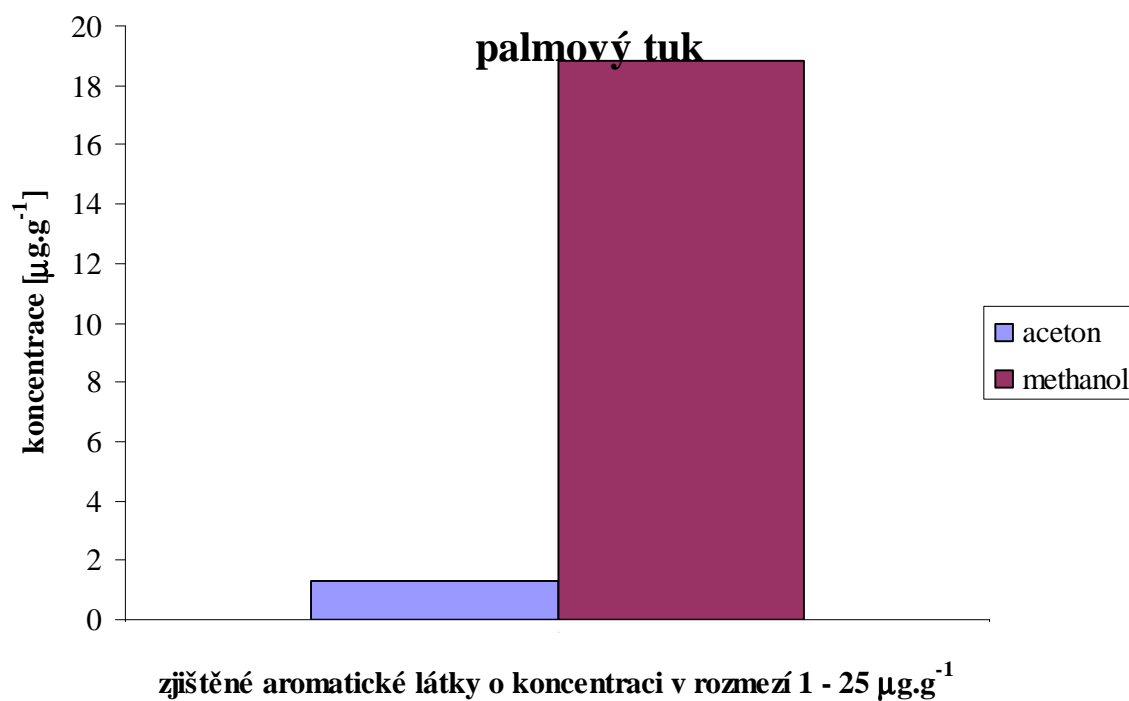
Po porovnání jednotlivých tuků lze říci, že i přes jejich celkovou podobnost se zde najdou látky, které se od sebe výrazně liší, ať už zastoupením v jednotlivých tucích anebo koncentrací.



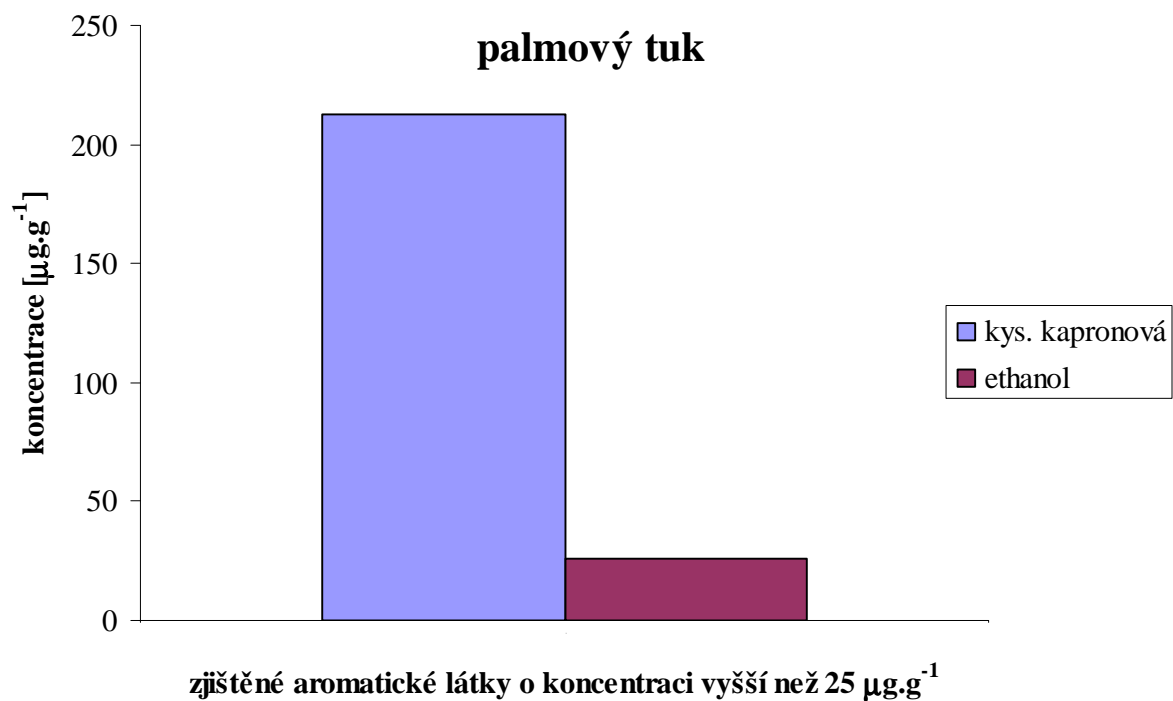
**Graf 11:** Celková koncentrace aromatických látek různých typů tuků



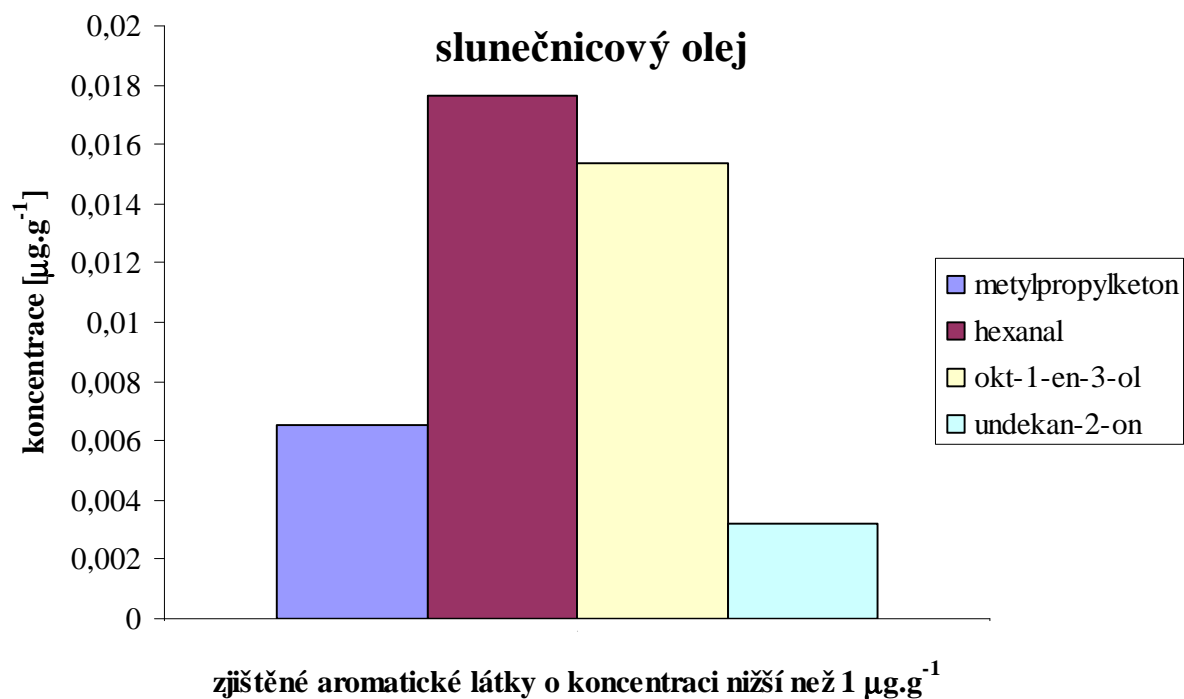
**Graf 12:** Obsah aromatických látek v palmovém tuku o koncentraci nižší než  $1 \mu\text{g.g}^{-1}$



**Graf 13:** Obsah aromatických látek v palmovém tuku o koncentraci v rozmezí  $1 - 25 \mu\text{g.g}^{-1}$

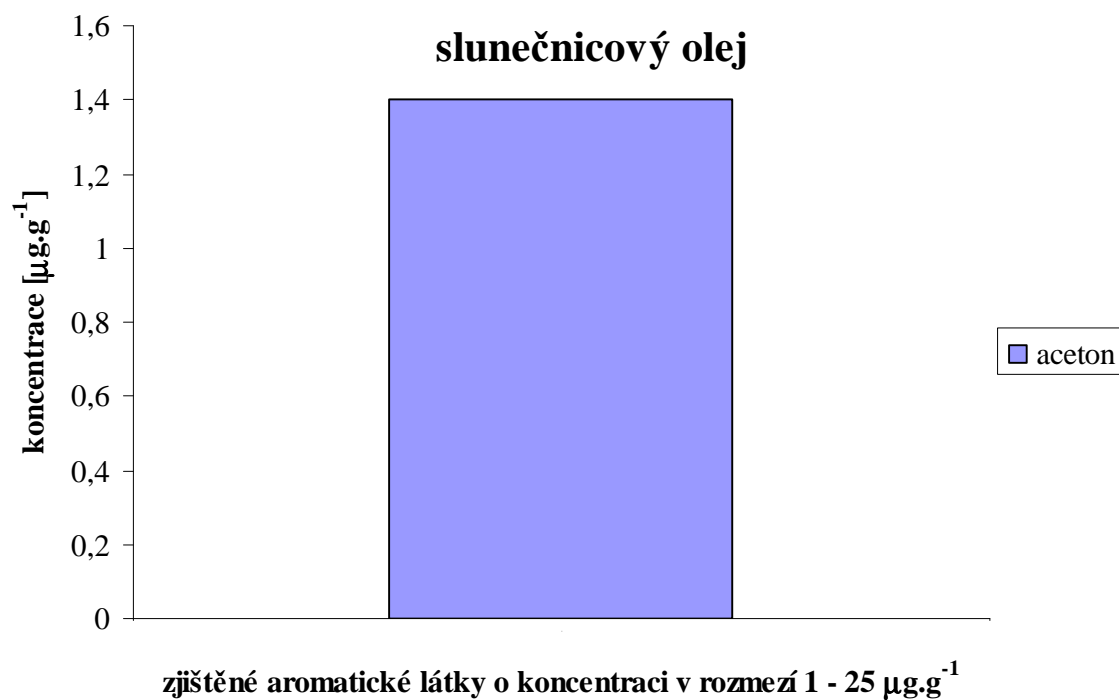


**Graf 14:** Obsah aromatických látek v palmovém tuku o koncentraci vyšší než  $25 \mu\text{g.g}^{-1}$

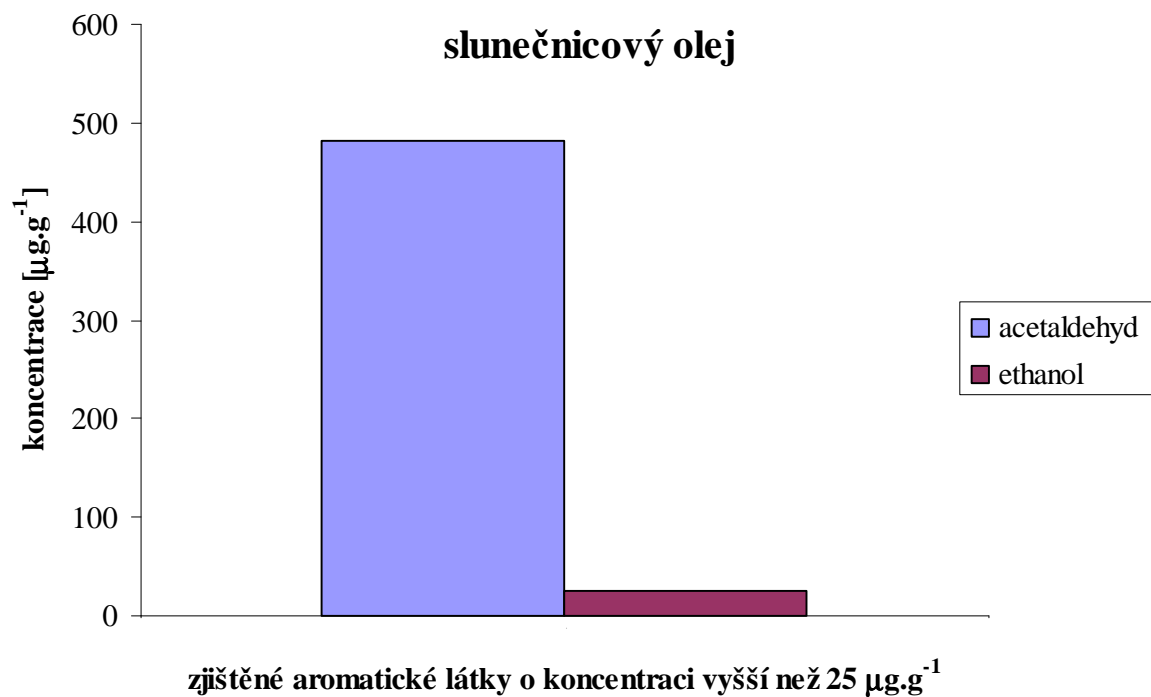


**Graf 15:** Obsah aromatických látek ve slunečnicovém oleji o koncentraci nižší než  $1 \mu\text{g.g}^{-1}$

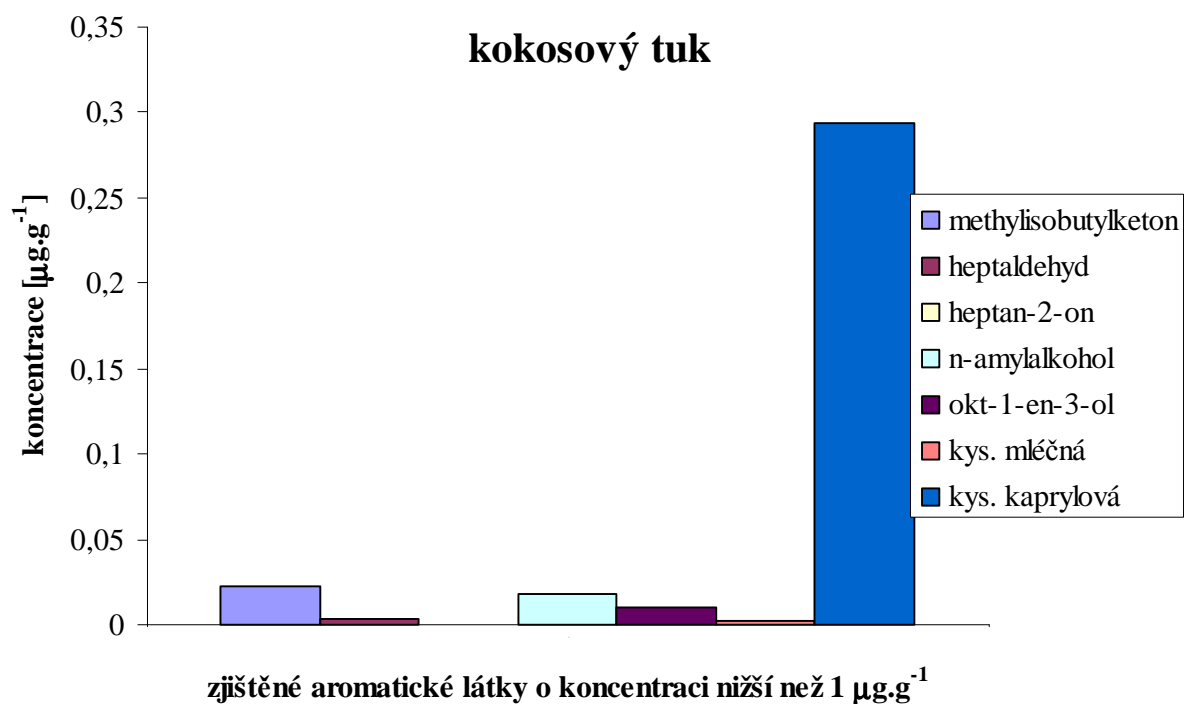




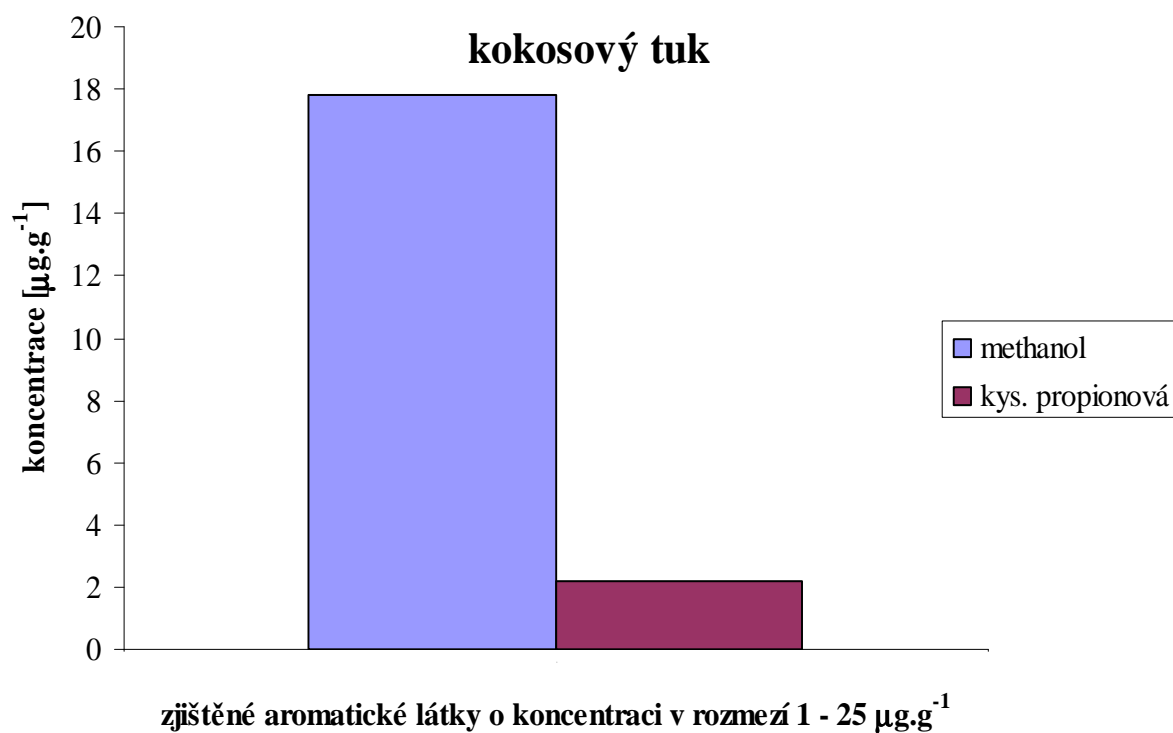
**Graf 16:** Obsah aromatických látek ve slunečnicovém oleji o koncentraci v rozmezí 1 – 25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$



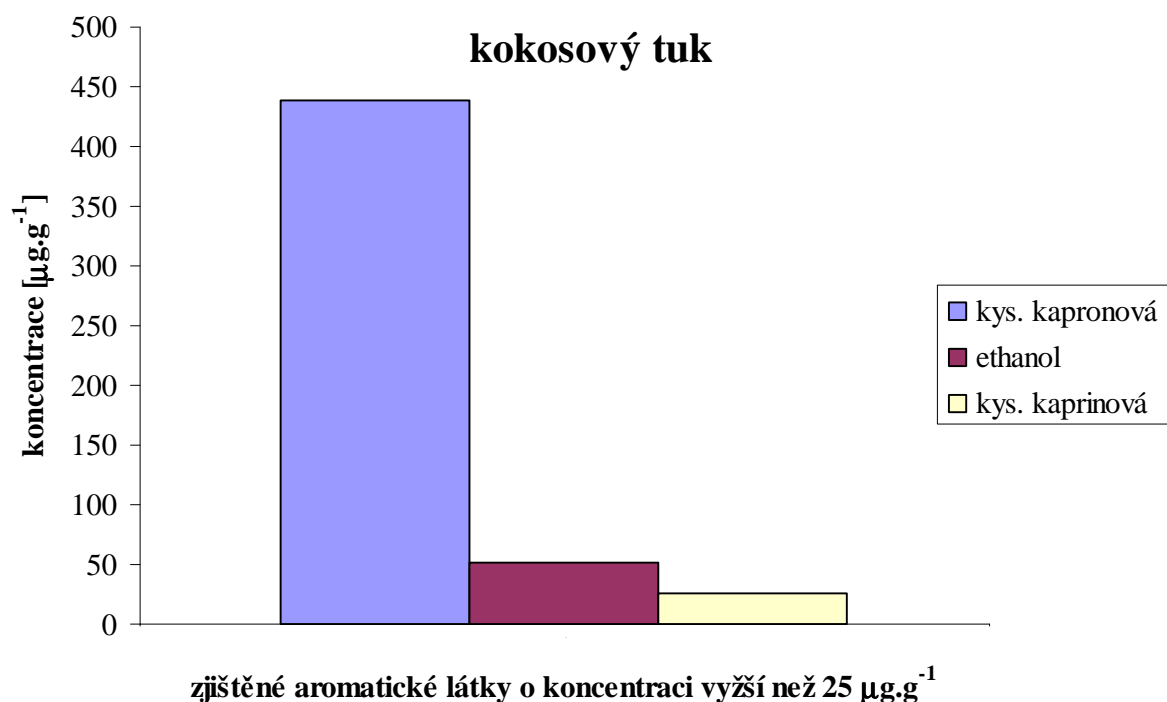
**Graf 17:** Obsah aromatických látek ve slunečnicovém oleji o koncentraci vyšší než 25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$



**Graf 18:** Obsah aromatických látek v kokosovém tuku o koncentraci nižší než  $1 \mu\text{g.g}^{-1}$



**Graf 19:** Obsah aromatických látek v kokosovém tuku o koncentraci v rozmezí  $1 - 25 \mu\text{g.g}^{-1}$



**Graf 20:** Obsah aromatických látek v kokosovém tuku o koncentraci vyšší než 25 µg.g<sup>-1</sup>

#### 4.7 Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek tuk – sýrový analog

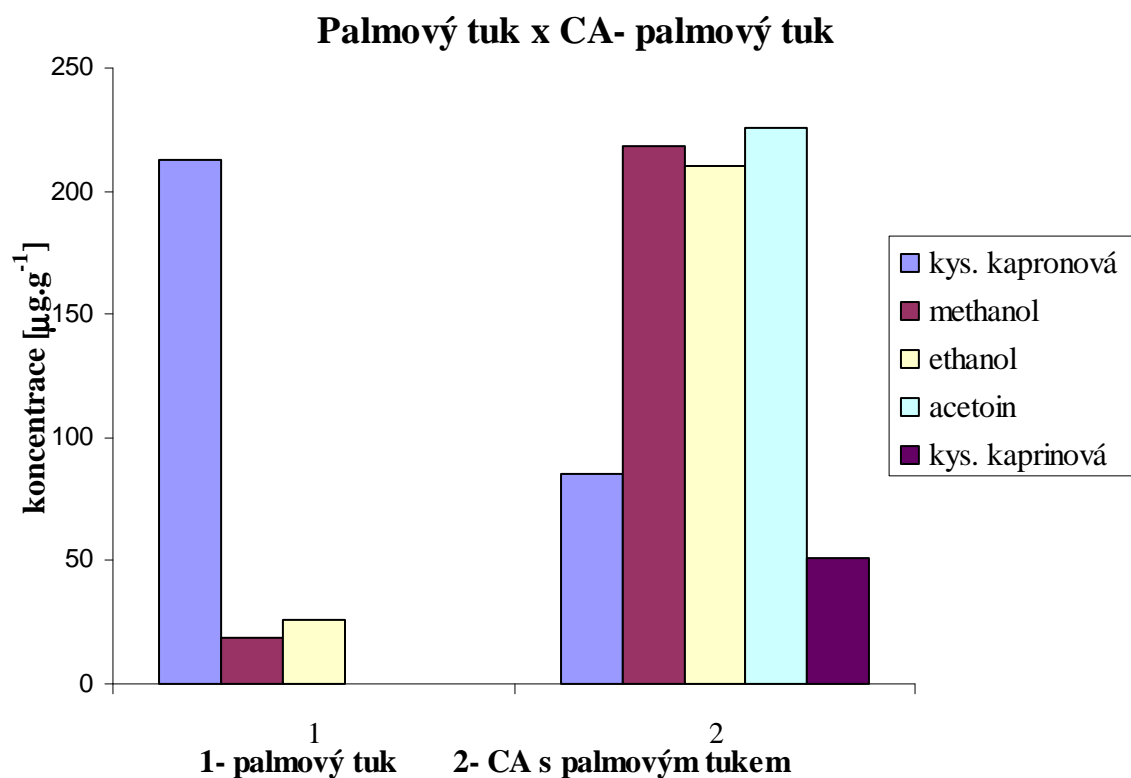
Při vzájemném srovnávání tuků a sýrových analogů bylo zjištěno u tuků 17 a u sýrových analogů 30 z celkového počtu zjištěných aromatických látek. Je tedy patrné, že u tuků bylo zjištěno téměř dvojnásobně menší množství aromatických sloučenin oproti sýrovým analogům, což se dalo předpokládat. Aromatických látek, které se vyskytují v sýrových analogích i v tucích, je 15, zatímco rozdílných AL je 17.

Pouze v tucích se vyskytují některé látky, které v sýrových analogích již nebyly zjištěny. Jsou jimi kys. propionová a undekan-2-on.

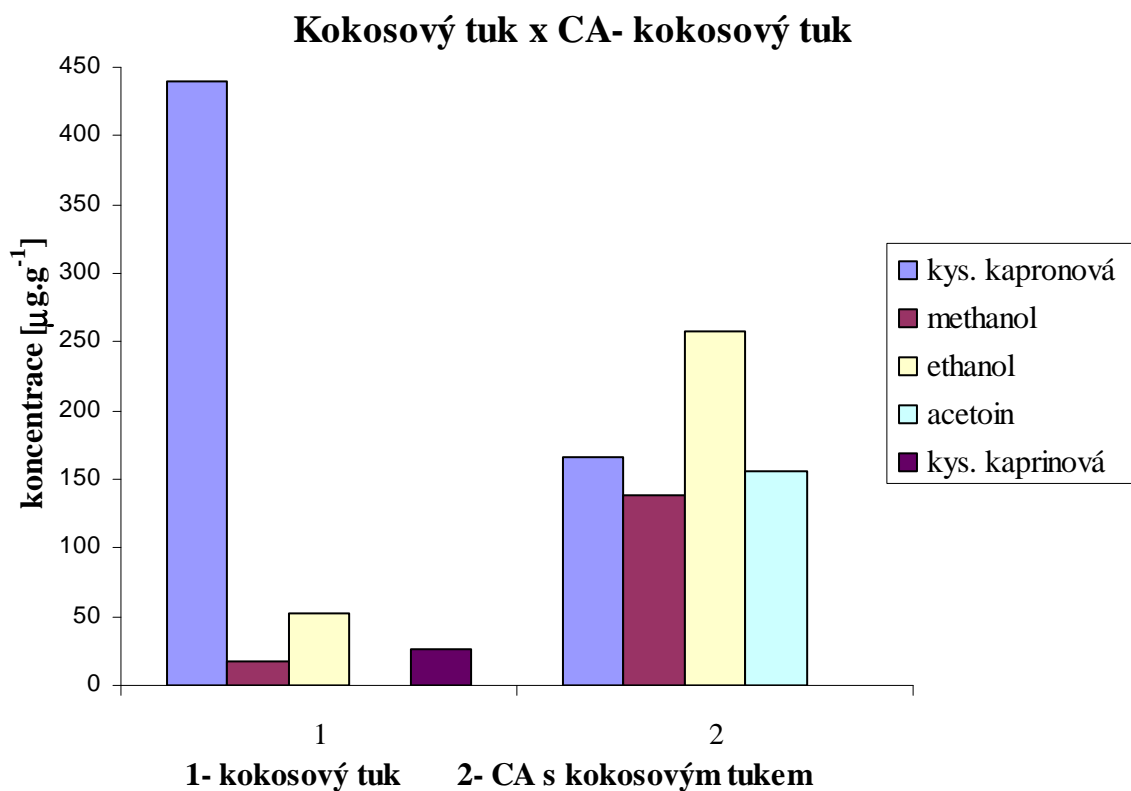
V tucích se nevyskytují oproti sýrovým analogům aromatické látky jako propionaldehyd, terc. butanol, isovaleraldehyd, isopropanol, sek. butanol, propanol, kapronaldehyd, butanol, acetoin, nonan-2-ol, n-oktanol, undekan-2-on, kys. máselná, fenylacetaldehyd, dekan-1-ol. Tyto se vyskytují pouze v sýrových analogích, což je patrné z tabulky č.7 (viz dříve). Lze předpokládat, že tyto látky pocházejí z použitého eidamského sýru.

Při srovnávání látek v tucích a analogích sýrů je zřejmé, že v tucích je zjištěno srovnatelné množství MK, méně aldehydů, méně ketonů. Největší rozdíl je u alkoholů, kterých je v tucích zhruba 3krát méně oproti analogům sýrů. V tucích se nenachází žádný ester.

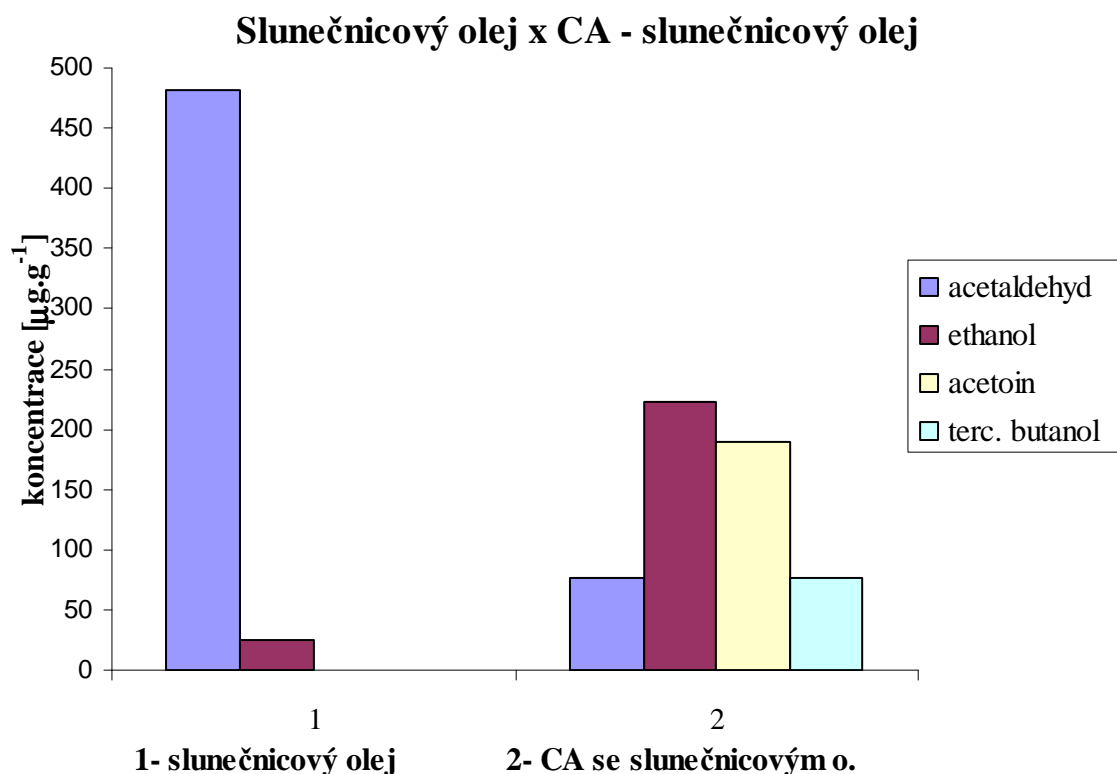
Pro názornost bylo vybráno pro vzájemné srovnání tuků a sýrových analogů 7 zjištěných aromatických sloučenin s nejvýraznějším zastoupením, a to kys. kapronová, acetaldehyd, methanol, ethanol, aceton, kys. kaprinová a terc. butanol (viz. grafy č. 21, 22, 23)



**Graf 21:** Srovnání obsahu aromatických látek palmového tuku a CA s palmovým tukem



**Graf 22:** Srovnání obsahu aromatických látek kokosového tuku a CA s kokosovým tukem



**Graf 23:** Srovnání obsahu aromatických látek slunečnicového oleje a CA se slunečnicovým olejem

Z grafu č. 21 je patrný úbytek kys. kapronové, a naopak velké navýšení methanolu, etanolu a zjištění velkého množství acetoinu a v menší míře kys. kaprinové v CA s palmovým tukem, oproti palmovému tuku.

U palmového tuku je kys. kapronové zhruba 2,5krát více, methanolu a etanolu méně, než u CA s palmovým tukem. Acetoin se u palmového tuku nenachází, ale v CA s palmovým tukem je zjištěno velmi vysoké množství, a to 225,709  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , taktéž kys. kaprinová, jejíž množství je významné, nebyla zjištěna u palmového tuku.

V grafu č. 22 je zřejmý úbytek kys. kapronové a absence kys. kaprinové, zvýšení methanolu, etanolu a zjištění acetoinu v CA s kokosovým tukem.

Při srovnávání kys. kapronové bylo zjištěno její množství v kokosovém tuku větší, než v CA s kokosovým tukem, naopak methanolu a etanolu méně. Acetoin se v kokosovém tuku nenachází, stejně jako v palmovém tuku, ale v CA s kokosovým tukem je zjištěno množství 156,489  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . Kys. kaprinová se nachází pouze v kokosovém tuku v množství 26,134  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , v CA s kokosovým tukem se však již nenachází.

V grafu č. 23, kde byl srovnán slunečnicový olej a CA se slunečnicovým olejem, je zřejmý úbytek acetaldehydu, zvýšení etanolu a zjištění acetoinu a terc. butanolu v CA se slunečnicovým olejem. Při srovnávání bylo zjištěno větší množství acetaldehydu ve slunečnicovém oleji, naopak menší množství etanolu. Acetoin se ve slunečnicovém oleji nenachází, ale v CA-slunečnicovém oleji je zjištěno množství 188,901  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . Rovněž se ve slunečnicovém oleji nenachází terc. butanol, avšak v CA se slunečnicovým olejem je zjištěno 76,878  $\mu\text{g.g}^{-1}$ .

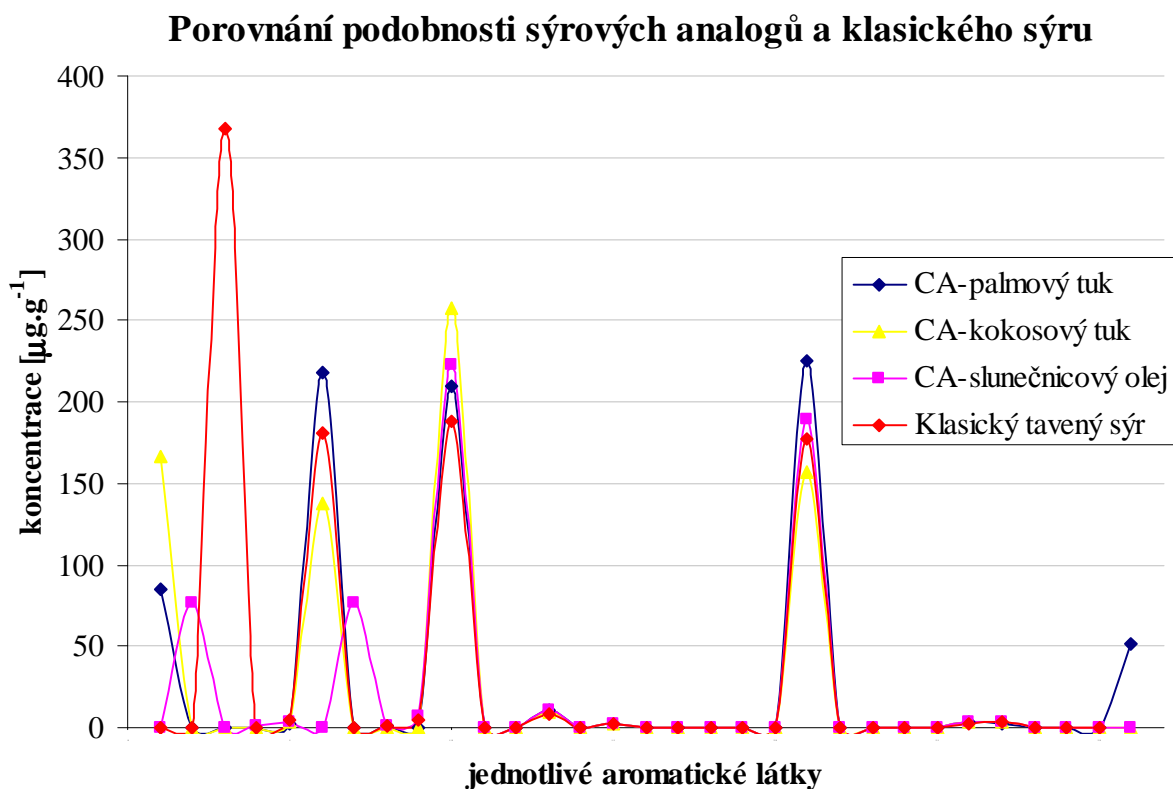
Ze srovnání vyplývá, že některé látky, které se významně podílí na aromatickém profilu sýrových analogů, se nenachází v tuku, z kterého jsou složeny, a naopak látky, které se nachází v obou ze srovnávaných vzorků, jsou buď mnohonásobně vyšší, nebo mnohonásobně nižší. Obecně lze tedy říci, že se sýrový analog i tuk liší, i přestože je sýrový analog vyrobený z analyzovaného tuku

#### 4.8 Srovnání obsahu aromaticky aktivních látek sýrový analog - klasický sýr

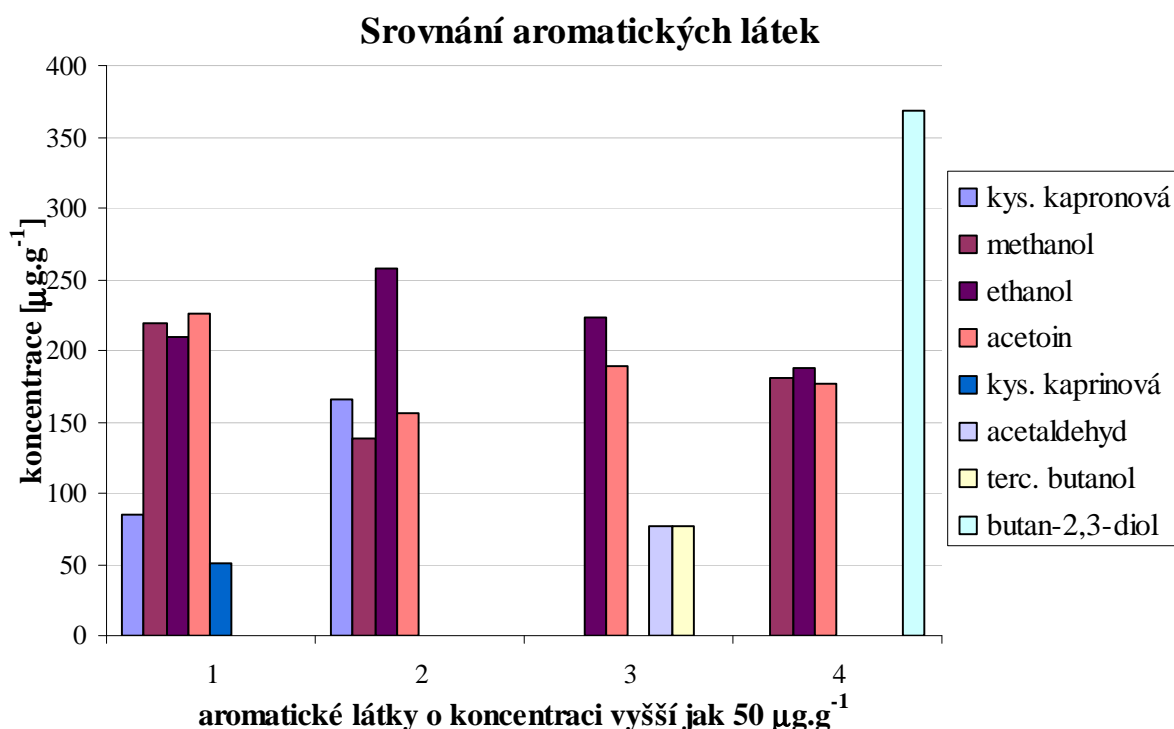
Jako „klasický“ sýr byl zvolen a analyzován sýr vyrobený z másla, který podle našeho předpokladu odpovídá taveným sýrům vyrobeným klasickým způsobem z přírodních sýrů, protože neobsahuje žádný rostlinný tuk. Pro názornost jsou hodnoty sýrových analogů a klasických sýrů porovnány v grafech č. 24 a 25. Uvedené hodnoty pro klasické sýry byly převzaty z diplomové práce Brabcové [50].

Z porovnání sýrových analogů s klasickými sýry vyplývá, že v sýrových analogích je překvapivě celkově obsaženo více aromatických látek, než v klasickém sýru.

V grafech č. 24 a 25 můžeme podle některých významněji zjištěných hodnot sledovat, jak jsou jednotlivé aromatické látky zastoupeny a jak se shodují, nebo liší v analogích sýrů a v klasickém taveném sýru.



**Graf 24:** Srovnání obsahu aromatických látek nalezených v sýrových analogích a „klasickém“ sýru



**Graf 25:** Srovnání obsahu aromatických látek s koncentrací vyšší jak 50 µg.g<sup>-1</sup> nalezených v sýrových analogích a klasickém sýru, kde 1- CA s palmovým tukem, 2- CA s kokosovým tukem, 3- CA se slunečnicovým olejem, 4- klasický sýr

Při srovnávání hodnot CA s palmovým tukem, kokosovým tukem a slunečnicovým olejem a hodnot klasického taveného sýru bylo zjištěno 18 společných sloučenin ze 31 v téměř shodných hodnotách, a to aceton, isovaleraldehyd, ethanol, methylpropylketon, sek. butanol, propanol, hexanal, butanol, n-amylalkohol, acetoin, okt-1-en-3-ol, n-oktanol, undekan-2-on, kys. máselná, fenylacetaldehyd, dekan-1-ol, kys. mléčná, kys. kapronová.

Methanol spolu s ethanol a acetoinem jsou u CA s palmovým tukem velmi vyrovnané, a vyskytují se zde ve významných hodnotách, což je patrné z grafů č. 23 a 24. V CA s kokosovým tukem jsou tyto AL také vyrovnané, v poněkud menším množství, ale ethanolu je zde více než v ostatních vzorcích.

V CA se slunečnicovým olejem jsou již vyrovnané pouze ethanol a acetoin, také ve vysokém množství, methanol zde nebyl zjištěn. V klasickém taveném sýru se nachází všechny tři aromatické látky s nejvyšší koncentrací a jejich hodnoty jsou nejvíce shodné.

U kyseliny kapronové byly zjištěny vyšší hodnoty pouze u CA s palmovým tukem a kokosovým tukem, což je patrné i z grafu č. 24. Ve slunečnicovém oleji a klasickém taveném sýru nebyla zjištěna. V CA s palmovým tukem je ve zhruba 2krát menším množství než v CA s kokosovým tukem.

Kyselina kaprinová se nachází pouze v CA s palmovým tukem asi ve 4krát menším množství oproti nejvíce zastoupeným aromatickým látkám. U ostatních vzorků se nevyskytuje.

Acetaldehyd je rovněž zastoupen pouze v jednom sýrovém analogu, a to v CA se slunečnicovým olejem v 2,5krát menším množství, oproti více zastoupeným aromatickým látkám. U ostatních analogů sýru, ani u klasického taveného sýru, se rovněž nenachází.

Terc. butanol je další aromatická látka, která je zastoupená pouze v jednom analogu sýru, a to taktéž v CA se slunečnicovým olejem v množství téměř shodném jako u acetaldehydu.

Butan - 2,3-diol je zde zastoupený v největší hodnotě 368,129  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , což je téměř 2krát vyšší hodnota oproti ostatním aromatickým látkám. Nachází se pouze v jednom sýru, a to v klasickém.

Nejvíce srovnatelných hodnot s klasickým taveným sýrem je v CA s palmovým tukem, méně v CA s kokosovým tukem a nejméně v CA se slunečnicovým olejem.

U dalších, většinou menších až minimálních hodnot, koncentrací aromatických sloučenin bylo zjištěno velmi srovnatelné množství u všech porovnávaných CA a klasického sýru.



## 5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo charakterizovat, co jsou to sýrové analogy a identifikovat a kvantifikovat aromatické látky ve vzorcích sýrových analogů. Sýry byly vyrobeny na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Teoretická část se zabývá nejen sýrovými analogy, ale také klasickými tavenými sýry. Sýrové analogy jsou novodobým trendem v mlékárenství, kdy dochází k částečnému nahrazení mléčné složky rostlinnou. Důvodem pro výrobu sýrových analogů jsou především nižší náklady. V dnešní době jsou z různých výživově zdravotních důvodů vyhledávány, jelikož rostlinné náhrady omezují kalorické hodnoty.

Výhodou sýrových analogů a tavených sýrů jako takových je, že technologie dokáže dobře využít i sýry, které jsou po chuťové stránce bezchybné, ale po vzhledové stránce nevyhovují. Další výhodou může být využití v rozvojových zemích, kde jsou mléčné výrobky drahé a nedostatkové zboží.

Hlavním problémem sýrových analogů je jejich značení, které se od klasického sýru příliš neliší a mnoho spotřebitelů si neuvědomuje, že kupuje právě analog.

Tato práce se zabývá především složením sýrových analogů z hlediska aromatických látek. Aromatické látky byly identifikovány a kvantifikovány pomocí retenčních časů a koncentrací standardů z 3 typů analogů tavených sýrů s obsahem různých rostlinných tuků, a to palmového, kokosového a slunečnicového. Všechny vzorky byly vyrobeny smícháním 30% Eidamské cihly, tuku, tavicí soli a pitné vody. Aromatické látky sýrů byly izolovány pomocí metody SPME, neboli mikroextrakce tuhou fází a následně určeny pomocí GC (plynové chromatografie).

Aromatické sloučeniny mají v sýrových analozích zásadní význam, jelikož dávají konečnému produktu výslednou charakteristiku, kterou vnímáme prostřednictvím smyslových orgánů, jako je chuť a čich.

Ve vzorcích sýrových analogů a tuků bylo zjištěno celkem 5 skupin různých aromatických látek v rozdílných množstvích: alkoholy, ketony, aldehydy, mastné kyseliny a estery. Největší celkový obsah aromatických látek byl nalezen v CA s palmovým tukem ( $814 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), poté v CA s kokosovým tukem ( $742 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nejnižší v CA se slunečnicovým olejem ( $600 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Největší zastoupení ve všech sýrových analozích měly alkoholy. U tuků měly největší zastoupení mastné kyseliny.

Ve vzorku CA s palmovým tukem bylo celkem identifikováno 25 aromatických látek, z nichž se nejvýrazněji projevil ethanol, acetoin a methanol. Pro tento CA je typická kyselina kaprinová, která se nenachází v jiném ze stanovovaných sýrů.

Ve vzorku CA s kokosovým tukem bylo identifikováno celkem 22 aromatických látek. Nejvýrazněji se projevil opět ethanol, který v tomto analozu dosáhl nejvyšší zjištěné koncentrace ze všech látek, a acetoin. Další nejvýraznější látka se však již oproti CA s palmovým olejem liší. Je jí kyselina kapronová. Ethylbutyrát se nachází pouze v tomto CA.

Ve vzorku CA se slunečnicovým olejem, kde bylo identifikováno 24 aromatických látek, byl opět nejvýrazněji zastoupen ethanol a acetoin. Nově obsahuje acetaldehyd a terc. butanol, které mají téměř stejný obsah a jsou navíc obsaženy pouze v tomto CA. Slunečnicový olej jako jediný obsahuje ještě další látky, a to propionaldehyd a isopropanol.

U tuků použitých pro výrobu sýrů bylo celkově mnohem menší množství aromatických látek než u sýrových analogů, což se dalo očekávat. Největší celkový obsah AL byl nalezen v kokosovém tuku ( $532 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), poté ve slunečnicovém oleji ( $512 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nakonec v palmovém tuku ( $259 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Nejvyšší zastoupení AL měl kokosový tuk, a to 12. Nejvýrazněji se zde projevila kyselina kapronová. Pro kokosový tuk je charakteristický heptaldehyd, kys. propionová, kys. mléčná, kys. kaprylová, kys. kaprinová, zde tedy převládají MK, které se nenacházejí v jiném tuku.

Dalším tukem je palmový tuk, který obsahuje 9 AL, z nichž nejvíce je zastoupena kyselina kapronová, ethylbutyrát se nachází pouze v tomto tuku.

Nejméně AL sloučenin obsahuje slunečnicový olej, a to 7. Nejvíce je zastoupen acetaldehyd, který se vyskytuje pouze v tomto tuku a je současně nejvyšší hodnotou zjištěnou v tucích. Dalšími charakteristickými AL jsou methylpropylketon a undekan-2-on.

Ze srovnání sýrových analogů a tuků lze říci, že se vzájemně liší, jelikož i látky, které jsou pro oba srovnávané vzorky společné, mají naprosto odlišné hodnoty koncentrací. V sýrových analozích se oproti tukům projevily některé aromatické látky více a některé méně. Tento rozdíl může být dán především přítomností jiných AL v sýrovém analogu, jelikož je složený nejen z tuku, ale i z 30% Eidamské cihly a dalších přísad a také změnami během tavení.

Dále byl srovnán vzorek taveného sýrového analogu s klasickým sýrem. Ze zjištěných hodnot je patrné, že se nejvýrazněji liší právě v hodnotách, které jsou zastoupeny i v tucích. Jsou jimi například kyselina kapronová, ethanol, acetoin a další.

Celkově lze však říci, že sýrové analogy jsou velmi podobné klasickým taveným sýrům. Nejpodobnější z hlediska obsahu AL je CA s palmovým tukem.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. DRDÁK, M., et al. *Základy potravinářských technologií*. 1. vydání. Bratislava: Malé centrum, 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1.
2. PIJANOWSKIJ, E. *Základy chémie a technológie mliekárstva*. 2. opravené a doplnené vydání. Bratislava: Príroda Bratislava, 1978. 623 s.
3. Vyhláška Ministerstva zemědělství 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko, mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
4. *Nový věk- Tavené sýry* [online]. Poslední úprava 2009 [cit. 2009-01-11]. Dostupné z: <<http://www.novyvek.cz/index.php?sekce=maminka&pg=clanek&id=542>>.
5. *Babinet- Historie tavených sýrů* [online]. Poslední úprava 2009 [cit. 2009-11-20]. Dostupné z: <<http://www.babinet.cz/clanek-6231-historie-tavenych-syru.html>>.
6. *Apetito- Sýr a historie* [online]. Poslední úprava 2007-03-01 [cit. 2010-04-03]. Dostupné z: <[http://www.apetito.cz/cnt\\_page.php?menu\\_id=57&menu\\_parent=1&menu\\_lang=cz&menu\\_page=50](http://www.apetito.cz/cnt_page.php?menu_id=57&menu_parent=1&menu_lang=cz&menu_page=50)>.
7. MACHALOVÁ, J. *Vaření- Sýr a jeho historie* [online]. Poslední úprava 2006-03-06 [cit. 2010-03-03]. Dostupné z: <[http://www.vareni.cz/trendy/syr-a-jeho-historie/?idp\[631\]=on&bt=5#diskuze-vypis](http://www.vareni.cz/trendy/syr-a-jeho-historie/?idp[631]=on&bt=5#diskuze-vypis)>.
8. VEČERKOVÁ, H. *Ekonomika.idnes.cz* [online]. Poslední úprava 2001 [cit. 2001-11-14]. Dostupné z: <[http://ekonomika.idnes.cz/tavene-syry-mohou-byt-delikatesa-d4h-/test.asp?c=A010918\\_124738\\_test\\_jan](http://ekonomika.idnes.cz/tavene-syry-mohou-byt-delikatesa-d4h-/test.asp?c=A010918_124738_test_jan)>.
9. MUIR, D. D., et al. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes: 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5 8C. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. February 1999, Vol. 32, No. 1, pp. 41-49. ISSN 0023-6438.
10. TAMIME, A. Y., et al. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 2. Rheology, Sensory Perception of Texture and Microstructure. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie- Food Science and Technology*. February 1999, Vol. 32, No. 1, pp. 50-59. ISSN 0023-6438.
11. BUŇKA, F., HRABĚ, J., ČERNÍKOVÁ, M. *Výroba tavených sýrů a jejich trvanlivost* [online]. Poslední úprava 2007 [cit. 2009-11-14]. Dostupný z: <[http://www.spotřebitel.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108670&catid=76:potraviny&Itemid=368](http://www.spotřebitel.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=108670&catid=76:potraviny&Itemid=368)>.
12. ZACHARI, P. *Sdružení obrany spotřebitelů* [online]. Poslední úprava 8. 8. 2007 [cit. 2009-11-14]. Dostupný z: <<http://www.spotrebitele.info/clanek.shtml?x=2197699>>.
13. BACHMANN, H. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. 11 July 2001, Vol. 11, No. 4-7, pp. 505-515. ISSN 0958-6946.
14. KIZILOZ, M. B., CUMHUR, O., KILIC, M. Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids*. August 2009, Vol. 23, No. 6, pp. 1596-1601. ISSN 0268-005X.
15. SUKOVÁ, I. *Informační centrum bezpečnosti potravin- analogy a jejich označování* [online]. Poslední úpravy 2002 [cit. 2009-11-27]. Dostupný z: <<http://www.bezpecnostpotravin.cz/Index.aspx?ch=549&typ=1&val=94044&ids=3477>>.

16. NORONHA, NESSA, et al. Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*. 1 February 2008, Vol. 106, No. 3, pp. 905-913. ISSN 0308-8146.
17. SIEBER, R. Cholesterol removal from animal food- can it be justified? *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 1993, Vol. 26, No. 1, pp. 375-387. ISSN 0023-6438.
18. Nařízení rady (ES) č. 1234/2007, kterým se stanoví společná organizace zemědělských trhů a zvláštní ustanovení pro některé zemědělské produkty, v platném znění.
19. Sýry tavené [online]. Poslední úpravy 2008 [cit. 2009-11-27]. Dostupné z: <<http://www.kbj.cz/potravin-430/mlecne-vyroby-431/syry-tavene-a-cerstve-455/syry-tavene-456htm>>.
20. ROGINSKI, H.; FUQUAY, John W.; FOX, P. F. *Encyclopedia of dairy science*. London (UK): Academic Press, 2003. Cheese analogues, pp. 428-434. ISBN 0-12-227235-8.
21. SCHÄR, W., BOSSET, J. O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. February 2002, Vol. 35, No. 1, pp. 15-20. ISSN 0023-6438.
22. CUNHA, CLARISSA R., et al. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*. April 2010, Vol. 43, No. 3, pp. 723-729. ISSN 0963-9969.
23. ČERNÍKOVÁ, M. BUŇKA, et al. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 2010, Vol. 20, No. 5, pp. 336-343. ISSN: 0958-6946.
24. LUCEY, J. A., et al. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*. 2003, Vol. 86, No. 9, pp. 2725-2743. ISSN 0022-0302.
25. MACKŮ, I., BUŇKA, F., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V. Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocolloids*. December 2009, Vol. 23, No. 8, pp. 2078-2084. ISSN 0268-005X.
26. DIMITRELI, GEORGIA, THOMAREIS, APOSTOLOS S. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*. April 2007, Vol. 79, No. 4, pp. 1364-1373. ISSN 0260-8774.
27. STAMPANONI, C. R., NOBLE, A. C. The influence of fat, acid and salt on the temporal perception of firmness, saltiness and sourness of cheese analogues. *Journal of Texture Studies*. 2001, Vol. 22, No. 4, pp. 381-392.
28. BODOKOVÁ, S. *Informační centrum bezpečnosti potravin- Rostlinný tuk v mléčných potravinách* [online]. Poslední úpravy 2009 [cit. 2009-11-14]. Dostupný z: <<http://www.bezpecnostpotravin.cz/Index.aspx?ch=13&typ=1&val=89765&ids=0>>.
29. MOUNSEY, J. S., O'RIORDAN, E. DOLORES. Influence of pre-gelatinised maize starch on the rheology, microstructure and processing of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*. January 2008, Vol. 84, No. 1, pp. 57-64. ISSN 0260-8774.

30. MONTESINOS-HERRERO, CLARA, et al. Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure. *International Dairy Journal*. August 2006, Vol. 16, No. 8, pp. 910–919. ISSN 0958-6946.
31. LOBATO-CALLEROS, C., et al. Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. *LWT - Food Science and Technology*. December 2008, Vol. 41, No. 10, pp. 1847-1856. ISSN 0023-6438.
32. NORONHA, N., et al. Inclusion of Starch in Imitation Cheese; its Influence on Water Mobility and cheese Functionality. *Food Hydrocolloids*. 2007, Vol. 22, No. 8. ISSN 0268-005X
33. MALLIA, S., FERNÁNDEZ-GARCÍA, E., BOSSET, J. O. Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *International Dairy Journal*. 2005, vol. 15, no. 6-9, pp. 741-758. ISSN 0958-6946.
34. DELGADO, F. J., et al. Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening. *Food Chemistry*. 1 January 2010, vol. 118, no. 1, pp. 182-189. ISSN 0308-8146.
35. CURIONI, P.M.G., BOSSET, J.O. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*. 2002, vol. 12, no. 12, pp. 959-984. ISSN 0958-6946
36. PANSERI, S., et al. Determination of flavour compounds in a mountain cheese by headspace sorptive extraction-thermal desorption-capillary gas chromatography-mass spectrometry. *LWT - Food Science and Technology*. March 2008, vol. 41, no. 2, pp. 185-192. ISSN 0023-6438.
37. MARILLEY, L., CASEY, M. G. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*. 15 January 2005, vol. 90, no. 2, pp. 139-159. ISSN 0168-1605.
38. GRIFFITH, R, HAMMOND, E. G. Generation of Swiss cheese flavour components by the reaction of amino acids with carbonyl compounds. *Journal of Dairy Science*. 1989, Vol. 72, No. 4, pp. 604-613. ISSN 0022-0302.
39. MOLIMARD, P., SPINLER, H. E. Review: compounds involved in the flavour of surface mold. Ripened cheeses: Origins and properties. *Journal of Dairy Science*. 1996, Vol. 79, No. 2, pp. 169-184. ISSN 0022-0302.
40. YVON, M., RIJNEN, L. Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal*. 2001, Vol. 11, No. 4-7, pp. 185-201. ISSN 0958-6946
41. *Food-Info.net- What is an aroma?* [online]. Poslední úpravy 31. 3. 2010 [cit. 2010-04-26]. Dostupné z: <<http://www.food-info.net/uk/qa/qa-fi58.htm>>.
42. KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
43. VÍTOVÁ, E. *Hodnocení tvorby těkavých senzoricky účinných látek mikrobiálních metabolitů a jejich charakterizace*. Disertační práce. Brno: VUT, Fakulta chemická, 2003, 110 s.
44. *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí* [online]. Poslední úpravy 2010 [cit. 2010-04-26]. Dostupné z: <[http://www.vugtk.cz/slovník/4741\\_aritmeticky-prumer.htm](http://www.vugtk.cz/slovník/4741_aritmeticky-prumer.htm)>.

45. KOTOUČEK, M., SKOPALOVÁ, J., ADAMOVSKÝ, P. *Příklady z analytické chemie*. Multimediální učebnice Univerzity Palackého. Dostupné z: <http://ach.upol.cz/ucebnice/>.
46. *Acetoin* [online]. Poslední úpravy 2010 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z: <http://www.thegoodscentcompany.com/data/rw1007331.html>.
47. *Zdravcentra.sk* [online]. Poslední úpravy 2005 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z: [https://www.zdravcentra.sk/cps/rde/xchg/zcsk/xsl/3141\\_3208.html](https://www.zdravcentra.sk/cps/rde/xchg/zcsk/xsl/3141_3208.html).
48. *Hexanoic acid* [online]. Poslední úpravy 2010 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z: <http://www.thegoodscentcompany.com/data/rw1008541.html>.
49. *Acetaldehyd* [online]. Poslední úpravy 2010 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z: <http://acetaldehyd.navajo.cz/>.
50. BRABCOVÁ, L. *Senzorické a analytické hodnocení chutnosti sýrových analogů*. Diplomová práce. Brno: VUT, Fakulta chemická, 2010, 89 s.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

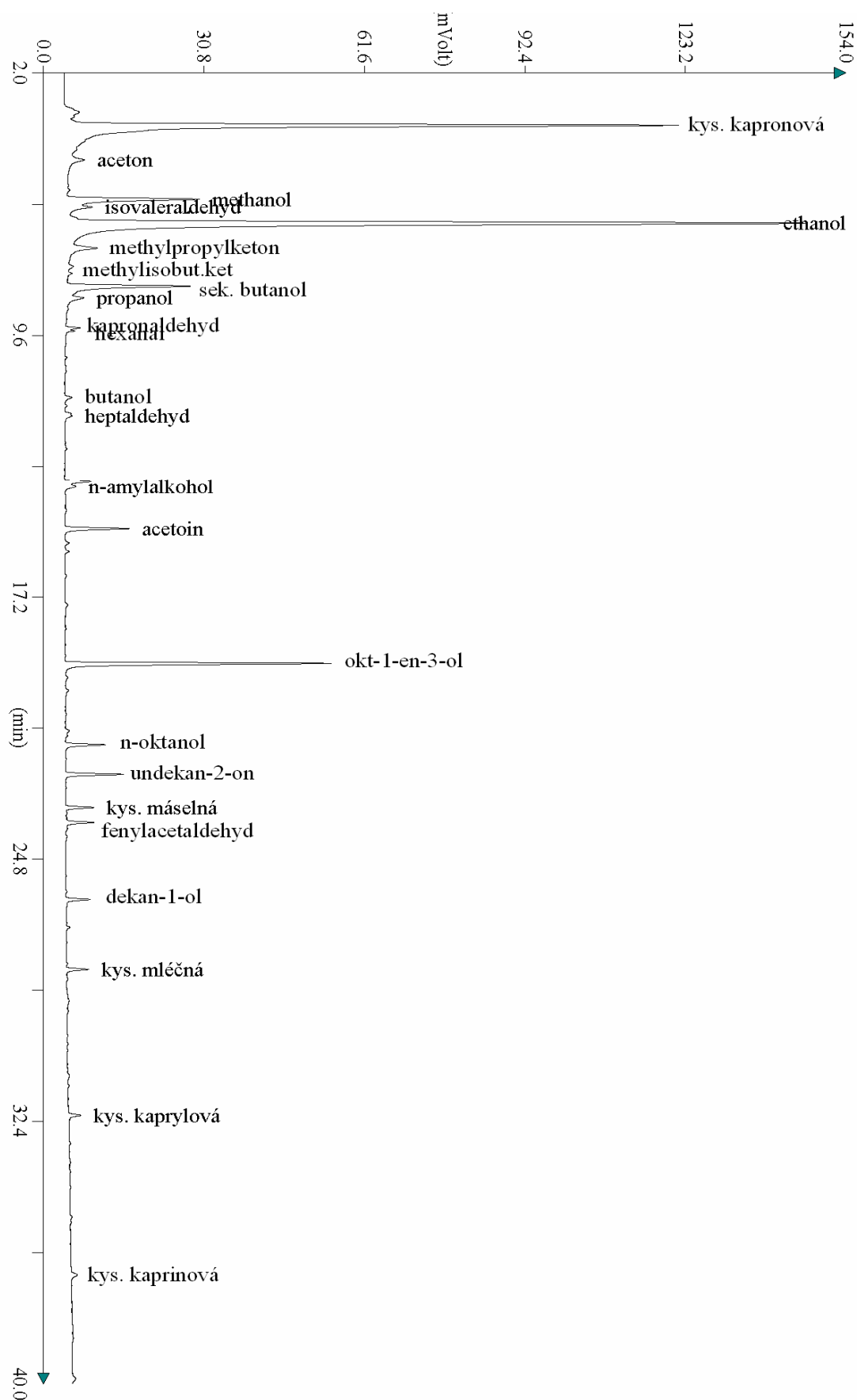
AL	Aromatická látka
CA	Sýrový analog
CAR <sup>TM</sup> /PDMS	Carboxen <sup>TM</sup> / polydimethylsiloxan
DI-SPME	Direct immersion SPME- přímé ponoření SPME
FID	Flamme ionization detektor- plamenový ionizační detektor
GC	Gas chromatografy- plynová chromatografie
HS-SPME	Headspace SPME
MK	Mastná kyselina
PCP	Pasterovaný tavený sýr
PDMS	Polydimethylsiloxan
SEM	Skenovací elektronová mikroskopie
SOS	Sdružení obrany spotřebitelů
SPM	Sušený mléčný prášek
SPME	Solid phase microextraction
t. v s.	Tuk v sušině

## **8 SEZNAM PŘÍLOH**

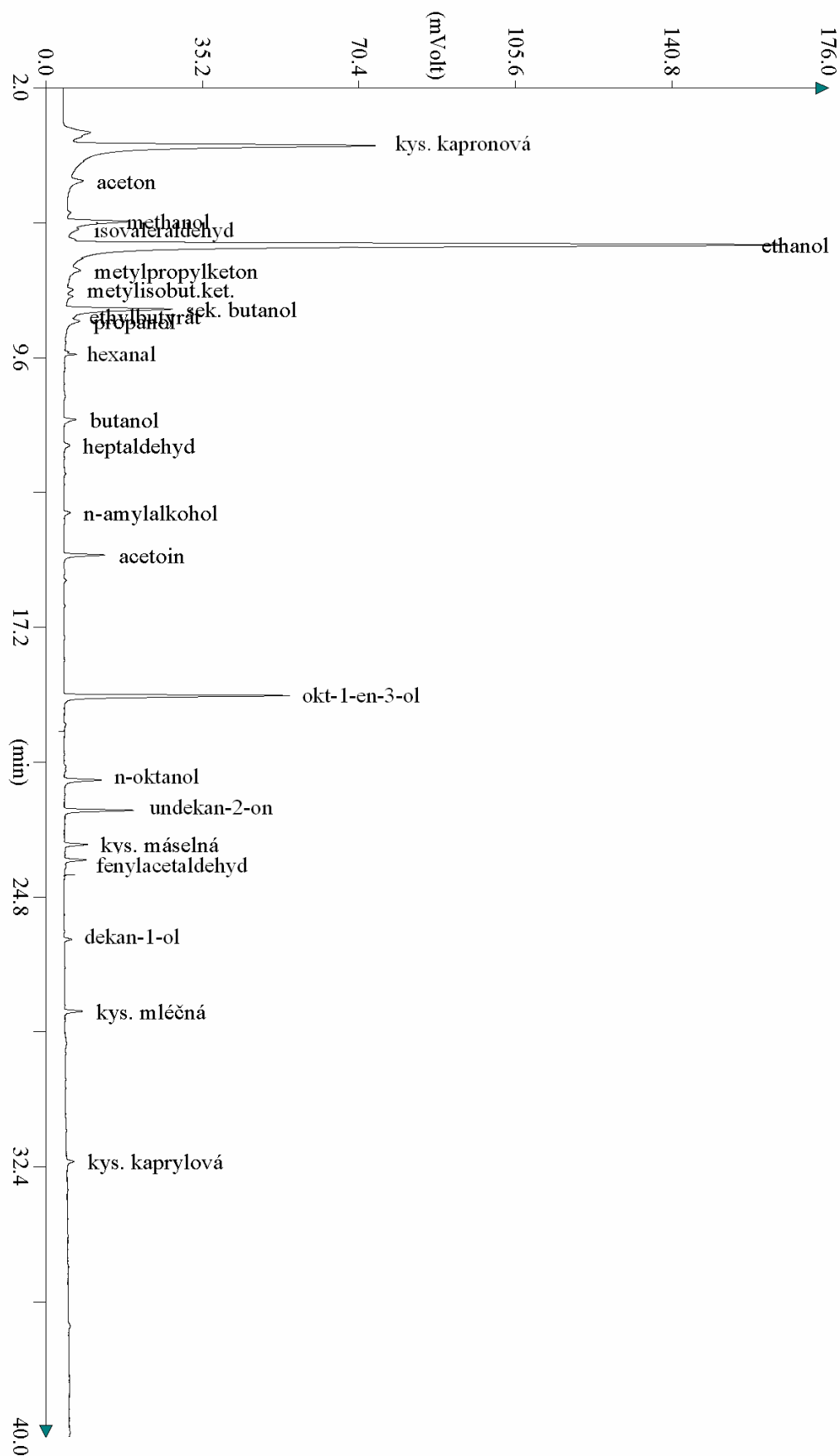
Příloha 1	Ukázka chromatogramu sýrového analogu s palmovým tukem
Příloha 2	Ukázka chromatogramu sýrového analogu s kokosovým tukem
Příloha 3	Ukázka chromatogramu sýrového analogu se slunečnicovým olejem
Příloha 4	Ukázka chromatogramu palmového tuku
Příloha 5	Ukázka chromatogramu kokosového tuku
Příloha 6	Ukázka chromatogramu slunečnicového oleje



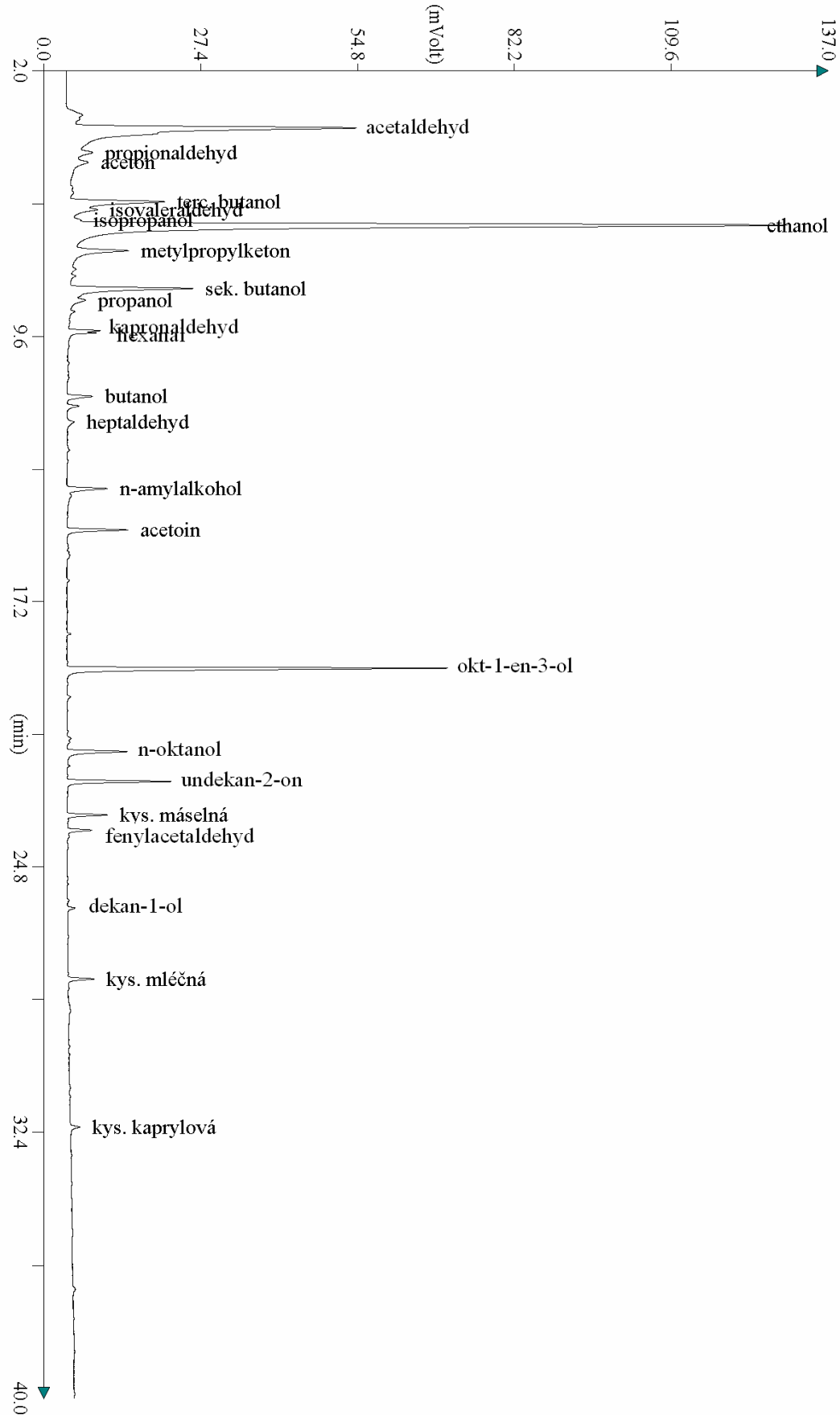
Příloha 1 Ukázka chromatogramu sýrového analogu s palmovým tukem



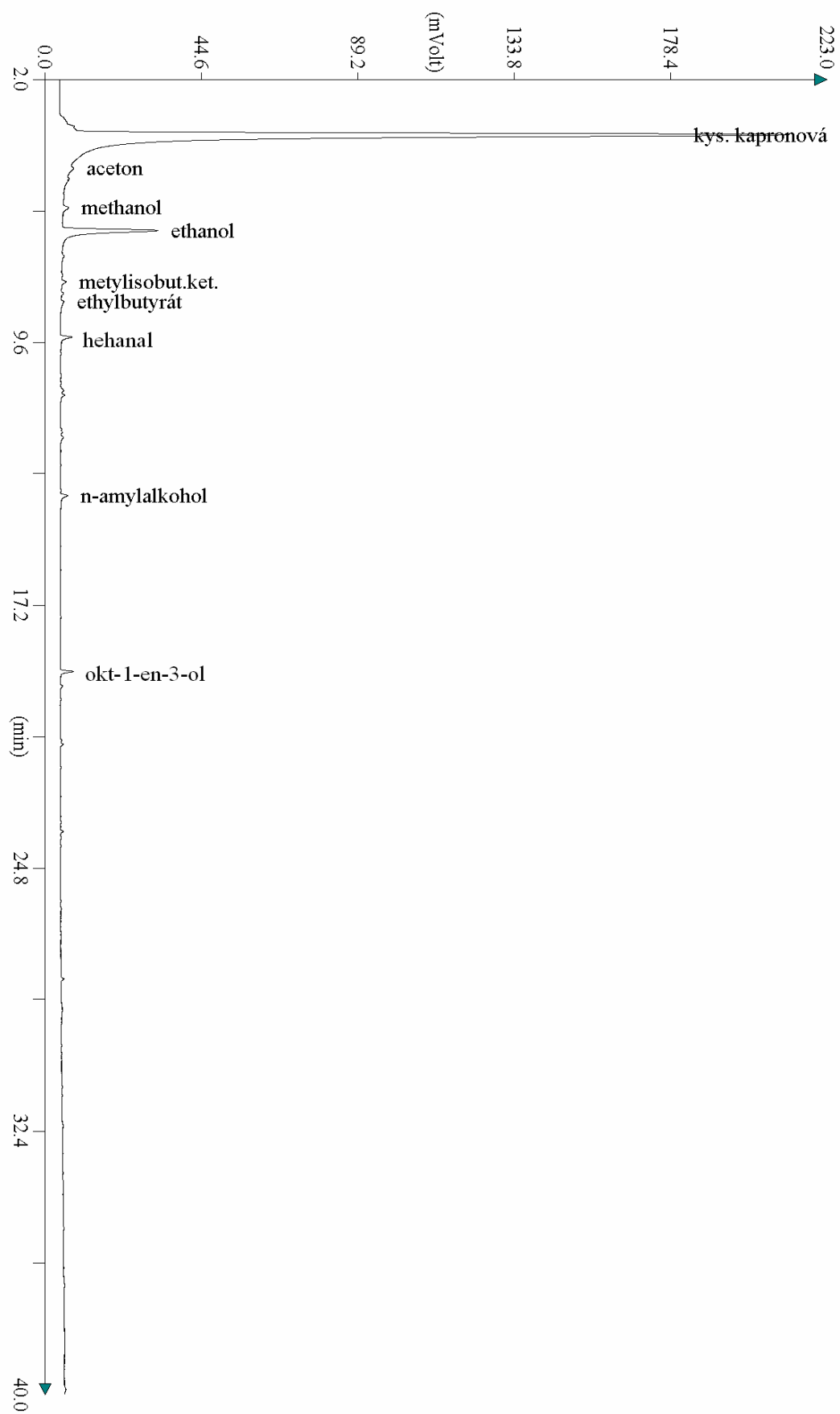
Příloha 2 Ukázka chromatogramu sýrového analogu s kokosovým tukem



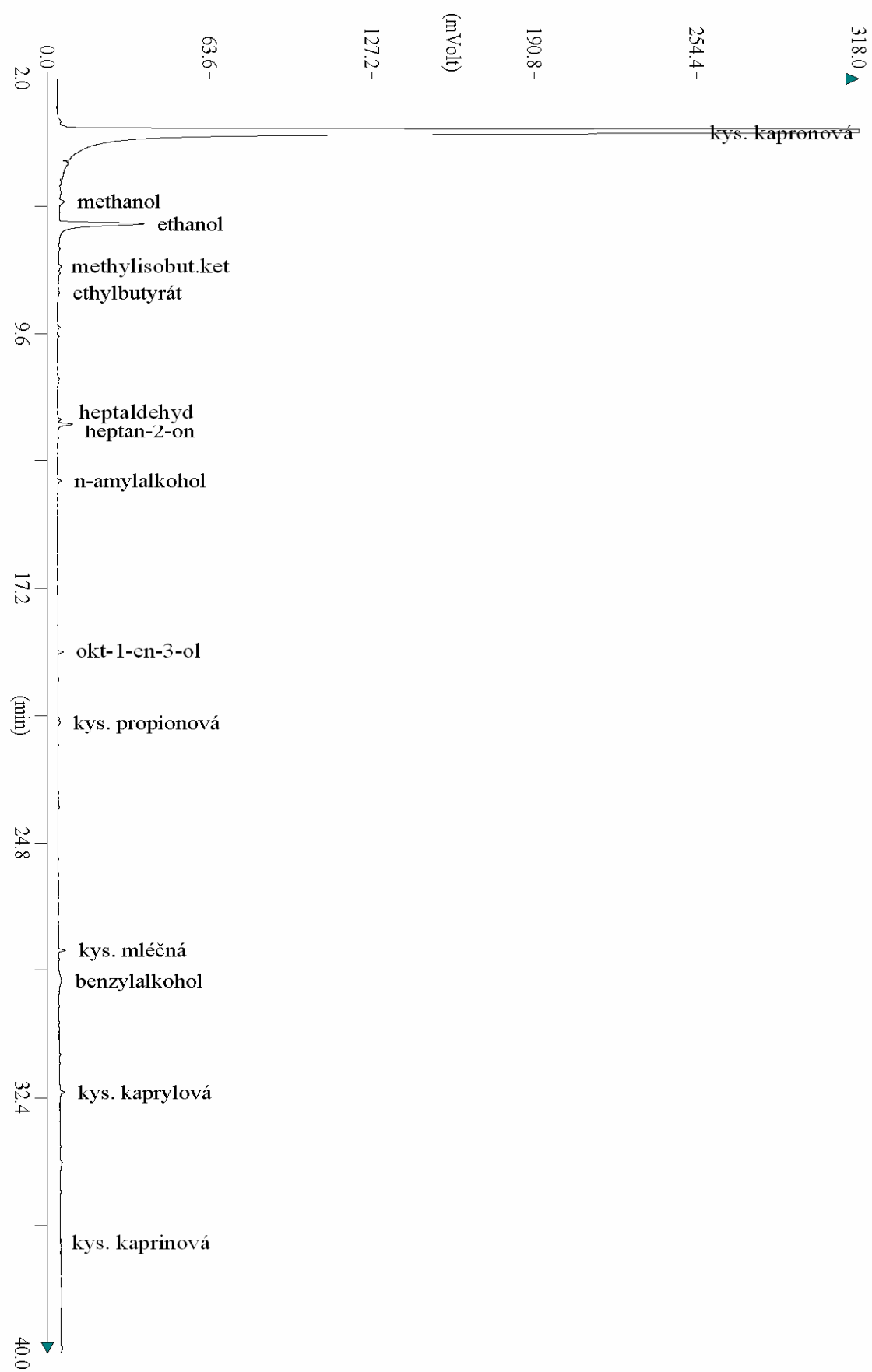
Příloha 3 Ukázka chromatogramu sýrového analogu se slunečnicovým olejem



Příloha 4 Ukázka chromatogramu palmového tuku



Příloha 5 Ukázka chromatogramu kokosového tuku



Příloha 6 Ukázka chromatogramu slunečnicového oleje

